

Manuel Köberl BSc.

Analyse der Grünflächenerreichbarkeit mit Urban Scaling Laws in europäischen Städten

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

Masterstudium

Geospatial Technologies

eingereicht an der

Technischen Universität Graz

Betreuer

Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr.rer.nat. Wolfgang Sulzer

Institut für Geographie und Raumforschung

Karl-Franzens-Universität Graz

Graz, Juli 2022

In Kooperation mit:

Mag. Dr.rer.nat. Michael Wurm

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

1 2 . 0 7 . 2 0 2 2



Datum, Unterschrift

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Zusammenfassung

In Zeiten zunehmender Urbanisierung werden Städte immer dichter, bevölkerungsreicher und breiten sich weit ins Umland aus. Um der städtischen Bevölkerung nachhaltige Lebensgrundlagen zu bieten, werden urbane Grünflächen zur Erholung geschaffen. Im Rahmen dieser Masterarbeit wird das Thema „Urban Green“ in europäischen Städten analysiert, und die Grünflächenverfügbarkeit und Grünflächenerreichbarkeit der Stadtbevölkerung ermittelt. In besonderem Fokus stehen dabei internationale Ungleichheiten, sowie Unterschiede zwischen Klein- und Großstädten. Konkret wird dabei die Frage beantwortet ob kleine oder große Städte eines Landes grüner sind.

Dafür werden Bevölkerungsdaten und Landnutzungs- sowie Landbedeckungsdaten verwendet. Die Stadtabgrenzung erfolgt nicht nach administrativen Einheiten, sondern nach einer auf Bevölkerungsdichte und Stadtgröße basierender Methodik. Daraus können statistische Kennzahlen, wie Grünflächenanteil innerhalb des Stadtgebietes und Grünflächenverteilung abgeleitet werden. Außerdem werden Distanzanalysen durchgeführt, um Grünflächenerreichbarkeitswerte abzuleiten. Die weitere Auswertung erfolgt mithilfe der Verwendung von Scaling-Laws, aus denen sich Dynamiken zwischen großen und kleinen Organismen identifizieren lassen.

Die Ergebnisse zeigen, dass in größeren europäischen Städten der Bevölkerung grundsätzlich weniger urbanes Grün zu Verfügung steht, jedoch überproportional mehr Menschen davon profitieren. Dieser Zusammenhang wird mit sublinearen Verfügbarkeitskalierungen und superlinearen Erreichbarkeitskalierungen belegt. Regionale Vergleiche zeigen, dass in Schweden die Stadtbevölkerung am leichtesten Zugang zu städtischen Grünflächen hat, während in Italien am wenigsten Menschen unmittelbar in der Nähe einer Grünfläche wohnen. Mögliche Ursachen können dafür klimatologische Bedingungen, die nationale Stadtstruktur und -planung oder auch historische Einflussfaktoren sein.

Zusätzlich wurden systematische Zusammenhänge zwischen den Parametern Grünflächenmindestgröße und Maximalgehdistanz und den daraus resultierenden Auswirkungen auf das Skalenregime belegt. Eine Vergrößerung der Mindestfläche führt demnach zu einem Anstieg des Skalenkoeffizienten. Ein Anstieg der Gehdistanz nähert den Koeffizienten in Richtung zur Linearität.

Schlüsselwörter: Urbane Grünflächen, Skalengesetze, Grünflächenerreichbarkeit, Umweltgerechtigkeit, Stadtforschung

Abstract

In times of increasing urbanisation, cities are becoming denser, more populated and spreading far into the surrounding countryside. In order to provide sustainable livelihoods for the urban population, urban green spaces are often mentioned for recreation. This Master's thesis analyses the topic of Urban Green in European cities. Therefore, green space availability and green space accessibility of the urban population are measured. The focus is on international inequalities and differences between small and large cities. Specifically, the question of whether small or large cities in a country are greener will be answered.

Population data, land use and land cover data are used for this purpose. The cities are not defined according to administrative units, but according to a methodology based on population density and city size. From this, statistical figures, such as the proportion of green space within the urban area and green space distribution can be derived. In addition, distance analyses are performed to derive green space accessibility values. Further evaluation is conducted with the help of scaling laws, from which dynamics between large and small organisms can be derived. In addition, the scaling model was systematically tested and evaluated when the model variables of minimum greenspace size and maximum walking distance differed.

The results show that in larger European cities the population generally has less urban green space available, but that disproportionately more people benefit from it. This relationship is proven with sublinear availability scaling and superlinear accessibility scaling. The Swedish urban population has the easiest access to urban green spaces, while in Italy, the fewest people live in the immediate vicinity of a green space. Possible reasons for this may be climatological conditions, national urban structure and planning, or historical influencing factors.

In addition, systematic correlations between the parameters minimum green space size and maximum walking distance and the resulting effects on the scaling regime were proven. An increase in the minimum area thus leads to an increase in the scale coefficient. An increase in walking distance brings the coefficient closer to linearity.

Keywords: Urban green spaces, scaling laws, green space accessibility, environmental justice, urban research

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Urban Green Scaling	5
2.1 Städtische Grünflächen	5
2.1.2 Vorteile von Grünflächen	7
2.1.3 Kartierung von Urban Green	9
2.2 Erreichbarkeit von städtischem Grün	11
2.3 Städtische Skalierungsgesetze (Urban Scaling Laws)	13
2.4 Räumliche Abgrenzung von Städten	17
3 Grünflächenermittlung und Erreichbarkeitsanalyse	19
3.1 Datengrundlagen	19
3.1.1 Bevölkerungsdaten	19
3.1.2 Landnutzungs- und Landbedeckungsdaten	20
3.1.3 Grünflächenverfügbarkeit in europäischen Städten	24
3.2 Methodik	33
3.2.1 Die harmonisierte Definition einer Stadt	35
3.2.2 Bestimmung der Grünflächen	38
3.2.3 Bestimmung der Erreichbarkeit	40
3.2.4 Bestimmung der Scale-Koeffizienten	43
4 Ergebnisse	45
4.1 Bevölkerung und Stadtfläche	45
4.2 Bevölkerung und Grünfläche	46
4.3 Bevölkerung und Grünflächenerreichbarkeit	47
4.4 Varianz der Beta-Koeffizienten	52

4.5 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse.....	56
4.5.1 Diskussion der länderspezifischen Ergebnisse im Detail.....	59
4.5.2 Auswirkungen der Mindestgröße auf den Skalenkoeffizienten - Verfügbarkeit	61
4.2.3 Auswirkungen der Parameter auf den Skalenkoeffizienten - Erreichbarkeit	66
4.2.4 Ungleichheit: Verfügbarkeit und Erreichbarkeit von Grünflächen.....	71
5 Schlussfolgerungen und Resümee.....	73
Literaturverzeichnis.....	78
Appendix	85

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Urbane Grünflächen des European Urban Atlas am Beispiel Graz, Österreich.....	6
Abb. 2: Grünflächen und Pufferzonen der Stadt München.....	13
Abb. 3: Scaling Exponenten des Grünflächenanteils verschiedener Länder.....	16
Abb. 4: Global Human Settlement Layer - Population.....	20
Abb. 5: European Urban Atlas Klassifikation am Beispiel Venedig.....	22
Abb. 6: ESA-WorldCover Ausschnitt am Beispiel der Stadt Palermo, Italien.....	23
Abb. 7: Verteilung und Häufigkeit der Landnutzungsgrünflächen - Urban Atlas.....	24
Abb. 8: Verteilung und Häufigkeit der Landbedeckungsgrünflächen – ESA-WorldCover. ...	26
Abb. 9: Grünflächengrößen in Städten eingeteilt nach Menge, Quintile und Land.....	27
Abb. 10: Grünflächengrößen in Städten eingeteilt nach Ausdehnung, Quintile und Land.....	28
Abb. 11: Grünflächenverfügbarkeit in europäischen Städten.....	30
Abb. 12: Grünflächenanteil und Grünflächen-Pro-Kopf-Anteil in europäischen Ländern.....	32
Abb. 13: Zusammenfassung der Methodik der Grünflächen- und Erreichbarkeitsanalyse.	34
Abb. 14: Stadtbildung nach Dijkstra & Poelman 2014 am Beispiel München.....	36
Abb. 15: Unterschied zwischen der harmonisierten und administrativen Stadtdefinition.....	37
Abb. 16: Grünflächen aus dem European Urban Atlas im Ruhrgebiet,.....	39
Abb. 17: Grünflächenermittlung mit ESA-WorldCover Daten Stockholm, Schweden.....	40
Abb. 18: Unterschied zwischen statisch und dynamisch implementierten 300m Pufferzonen am Beispiel Wien, Österreich.....	41
Abb. 19: Skalenbeziehung Bevölkerung und Stadtfläche.....	45
Abb. 20: Skalenbeziehung zwischen Bevölkerung und Grünfläche aus Daten des Urban Atlas und ESA-WorldCover.....	47
Abb. 21: Skalenmodelle der Grünflächenerreichbarkeit in europäischen Städten aus Urban Atlas Daten.....	48
Abb. 22: Anteil der Gesamtstadtbevölkerung pro Stadt mit Wohnsitz innerhalb eines 300 und 500 Meter Radius zu einer Grünfläche.....	50
Abb. 23: Anteil der Stadtbevölkerung eines Landes mit unmittelbarem Zugang (dynamisch 300 & 500 m) zu einer Grünfläche an ihrem Wohnort.....	51
Abb. 24: Skalenkoeffizienten der Grünflächenverfügbarkeit bei steigender Mindestgröße in europäischen Städten.....	52
Abb. 25: Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei statischen 300m Gehdistanzen und steigender Mindestgröße.....	53

Abb. 26: Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei dynamischen 300m Gehdistanzen und steigender Mindestgröße.	53
Abb. 27: Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei statischen 500m Gehdistanzen und steigender Mindestgröße.	54
Abb. 28: Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei dynamischen 500m Gehdistanzen und steigender Mindestgröße.	54
Abb. 29: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Polen - Verfügbarkeit.	62
Abb. 30: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Italien - Verfügbarkeit.	63
Abb. 31: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Deutschland - Verfügbarkeit.	64
Abb. 32: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Frankreich - Verfügbarkeit.	65
Abb. 33: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Polen - Erreichbarkeit.	67
Abb. 34: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Italien - Erreichbarkeit.	68
Abb. 35: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Deutschland - Erreichbarkeit.	69
Abb. 36: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Frankreich - Erreichbarkeit.	70
Abb. 37: Differenz der Skalenkoeffizienten.	71

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Skalierungsexponenten von städtischen Indikatoren zur Bevölkerungszahl.	15
Tab. 2: Fehlende Städte im Urban Atlas.	21
Tab. 3: Anzahl und Gesamtfläche der untersuchten Städte mit Landnutzungsdaten und relativen Anteilen - Urban Atlas.	25
Tab. 4: Anzahl und Gesamtfläche der untersuchten Städte mit Landbedeckungsdaten mit relativen Anteilen - ESA-WorldCover.	26
Tab. 5: Statistische Unterschiede der harmonisierten und administrativen Stadtdefinition am Beispiel Wien, Graz, Paris und Barcelona.	38
Tab. 6: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse - Grünflächenanteil und Grünflächen- pro-Kopf-Anteil.	55
Tab. 7: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse - Skalenkoeffizienten Grünflächenverfügbarkeit und Erreichbarkeit.	55
Tab. 8: Einteilung der Skalenkoeffizienten in sublinear, linear und superlinear.	56

1 Einleitung

Nachdem im Jahr 2018 bereits 55% der Weltbevölkerung in Städten lebten, wird dieser Anteil bis zum Jahr 2050 auf etwa 68% der Weltbevölkerung prognostiziert (United Nations 2018). Um Raum für diesen Anstieg an Bevölkerung zu schaffen, werden Städte zum einen dichter, breiten sich jedoch auch überproportional zu ihrem Bevölkerungswachstum ins Umland aus (Seto et al. 2011). Diese Urbanisierung bringt zahlreiche Vorteile mit sich. Nach Bettencourt et al. 2007 steht fest, dass große Städte im Vergleich zu kleinen Städten weniger Infrastruktur benötigen und in Summe dadurch effizienter sind. Außerdem werden in großen Städten überproportional mehr neue Patente angemeldet, es wird mehr erwirtschaftet, wodurch das durchschnittliche Einkommen gehoben wird. Andererseits bedeutet stetige Urbanisierung auch eine zunehmende Flächenversiegelung. Vom Jahr 1992 bis 2020 hat die Flächenversiegelung allein in Deutschland um 4.751 km² zugenommen (Umweltbundesamt 2022). Das entspricht einer jährlichen Versiegelung von 170 km². Übermäßige Bodenversiegelung hat jedoch starke Auswirkungen auf den Wasserhaushalt, die Bodenfruchtbarkeit, die Luftgüte und das Mikroklima. Das Wachstum der Städte hat folglich Vor- und Nachteile, die dabei entstehenden Herausforderungen können jedoch mit nachhaltiger, fairer und grüner Stadtplanung abgedeckt werden.

Die Vorteile einer „grünen Stadt“ sind weit erforscht. So können Grünflächen potenziell zu einer besseren Gesundheit beitragen (Hartig et al. 2014), welche in weiterer Folge die Mortalität der Stadtbewohner senkt (Gascon et al. 2016). Gleichzeitig dienen Grünflächen als Rückzugs- und Erholungsorte, als Treffpunkt für sportliche Aktivitäten und bieten Platz für gesellschaftlichen Austausch. Im Sinne von Ökosystemdienstleistungen trägt städtisches Grün maßgeblich zur Kühlung des Stadtklimas und zur Reduzierung des *Urban Heat Island* Effekts bei (Jaganmohan et al. 2016). Sie spenden Luftfeuchtigkeit, dienen als Wasserspeicher und bieten der eigenen Biodiversität Lebensraum und Schutz vor Wasserknappheit (ZHANG et al. 2012). Zusätzlich wird auf die Relevanz des städtischen Grüns als Kohlenstoffspeicher hervorgehoben (z.B. Strohbach & Haase 2012). Grünflächen sind daher eine Notwendigkeit für das Wohl der städtischen Bevölkerung. Obwohl eine Reihe von positiven Effekten von öffentlichen Grünflächen für die städtische Gesellschaft bekannt ist, steht der Erhalt und Schaffung dieser wertvollen Flächen oftmals vor großen Herausforderungen. Ohne nachhaltiger Stadtplanung würden viele städtische Grünflächen von Siedlungs- und Industriegebieten verdrängt werden.

Als Teil des *Sustainable Development Goal 11* ist die Schaffung zugänglicher öffentlicher Grünflächen zunehmend ins Bewusstsein der Bevölkerung und Behörden gelangt (UNDESA 2021). Während viele Anstrengungen und Bemühungen um eine gleichmäßige Verteilung der städtischen Grünflächen für die städtischen Einwohner und Einwohnerinnen existieren, beweist aber die Realität, dass nicht alle in gleicher Weise davon profitieren (Kabisch & Haase 2014). Ein Teil des Problems ist dabei die erschwerte Zugänglichkeit von städtischen Grünflächen aufgrund ihrer ungleichen räumlichen Verteilung in Städten unterschiedlicher Größe (Wolch et al. 2014). Demnach herrscht in vielen Städten eine starke Korrelation zwischen Einkommensschicht und Grünflächenverfügbarkeit. Vor allem in US-Amerikanischen Städten wohnen einkommensschwache Haushalte in den ärmeren zentrumsnahen Bezirken in denen Grünflächen entweder rar, oder in schlechtem Zustand sind. Einkommensstarke Haushalte bewohnen die grünen Vorstädte in Einfamilienhäusern mit großzügigen privaten Gärten und öffentlichen Parkanlagen. Aufgrund dieser Gegebenheiten kann das Thema *Urban Green* mit dem Begriff sozialer Ungerechtigkeit in Verbindung gebracht werden. (z.B. Gould & Lewis 2016, Schwarz et al. 2015)

Um diese Zustände in Europa beleuchten zu können wird in dieser Masterarbeit das flächenhafte Ausmaß von Grünflächen in europäischen Städten und deren Erreichbarkeit analysiert. Dafür werden zur besseren Vergleichbarkeit und zur Vermeidung einer räumlichen Verzerrung im Sinne des *Modifiable Areal Unit Problem* (MAUP) (Openshaw 1984) das Konzept einer harmonisierten Stadtbildung von Dijkstra & Poelman 2014 angewendet. Das MAUP, auch Problem der veränderbaren Gebietseinheit genannt, tritt immer dann auf, wenn Einzeldaten aggregiert, also zusammengefasst werden. Je nach Klassenbildung können unterschiedliche und sogar konträre Ergebnisse auftreten. Gleichsam dazu ist auch beim Betrachten von Städten sinnvoll, eine Abgrenzung aufgrund von administrativ gezogenen Stadtgrenzen zu hinterfragen, um absichtliche oder unabsichtliche Verzerrungen zu vermeiden. Stadtabgrenzungen nach Dijkstra & Poelman 2014 basieren dadurch auf sozioökonomischen Faktoren, auf satellitengestützten Flächen- und Bevölkerungsdaten und nicht auf administrativen Grenzen.

Anhand Bevölkerungsdaten, Landbedeckungs- sowie vorhandener Landnutzungsklassifikationen werden im Rahmen dieser Arbeit urbane Grünflächen und urbane Bevölkerung gegenübergestellt und analysiert. Landbedeckungsdaten werden dabei dafür genutzt, um Städte bezüglich ihrer absoluten Grünflächenverfügbarkeit zu bewerten. Als Ökosystemdienstleistungen werden jene Funktionen von Grünflächen verstanden, von welchem die Stadtbevölkerung indirekt profitiert. Darunter zählen unter anderem der Beitrag

zum Mikroklima, die Speicherkapazität von Wasser, die Reduktion von Lärm oder die Verbesserung der Luftqualität.

Während Landbedeckungsdaten Aufschluss über die Bodenbedeckungsart (z.B. Wiese, Bäume, Asphalt, Wasser) geben, steht bei Landnutzungsdaten die Verwendung des Menschen von diesen Bodenbedeckungen im Mittelpunkt. Mögliche Klassen dafür können z.B. Parks, Straßen, Badeseen, oder Freizeitzentren sein. Mit ihrer Hilfe kann der Anteil an Grünflächen ermittelt werden, welcher vom Menschen mit Erholungswert effektiv genutzt werden kann. Genutzt werden kann eine Grünfläche aber meist nur dann, wenn sie sich auch in der Nähe des Wohnorts befindet. Daher wird bei Erreichbarkeitsanalysen oft die Nähe des zu untersuchenden Objektes zum Wohnort bewertet. Da Städte komplexe und großräumige Gefüge sind, reicht es also nicht aus lediglich das Vorhandensein von Grünflächen in der gesamten Stadt zu untersuchen. Als unmittelbar nutzbar werden deswegen üblicherweise Grünflächen in Gehdistanz zum Wohnort definiert. Realisiert werden die Erreichbarkeitskonzepte in der Fachliteratur mit Distanzanalysen (z.B. Wüstemann et al. 2017) in Verbindung mit Landnutzungsdaten. Dadurch kann die umliegende Bevölkerung zu einer Grünfläche berechnet werden. Auffällig ist, dass bei den Erreichbarkeitsanalysen keine allgemeingültigen Schwellwerte, sondern eher ungefähre Richtwerte definiert werden. Insbesondere die Mindestgröße, ab wann eine Grünfläche als für den Menschen nutzbar gilt, sowie die maximale Distanz der Gehweite zwischen Wohnort und nächster Grünfläche variieren dabei stark. Auch dieser Aspekt wird in der vorliegenden Arbeit ausführlich behandelt und systematisch untersucht.

Eine großartige Möglichkeit diese Vielzahl an Beobachtungen auszuwerten, bieten Skalengesetze. Nach Bettencourt 2013 können Städte als Metabolismus verstanden werden, da für viele ihrer Eigenschaften ein allometrisches Verhalten nachgewiesen wurde. Durch diese Umstände folgen bestimmte städtische Zustände und Prozesse dem allgegenwärtigen Skalierungsgesetz:

$$Y = Y_o \cdot N^\beta$$

wobei Y die städtische Eigenschaft von Interesse (z.B. Grünflächen) darstellt. Y_o ist eine Normalisierungskonstante und der Exponent β bestimmt, wie stark eine städtische Eigenschaft mit der Stadtgröße N zu- oder abnimmt. Ist β gleich 1, skaliert die urbane Eigenschaft linear mit zunehmender Bevölkerungszahl, d. h. die Anzahl der Stadtbewohner, die aufgrund ihrer Nähe Zugang zu städtischen Grünflächen haben, steigt linear mit der Gesamtzahl der Einwohner einer Stadt. Wenn β kleiner als 1 ist, wird Skaleneffekt oder eine sublineare Skalierung beobachtet. Mit zunehmender Stadtgröße haben also weniger Menschen Zugang zu

städtischem Grün. Und wenn β größer als 1 ist, herrscht zunehmender Skalenertrag oder eine superlineare Skalierungsbeziehung, d.h. in größeren Städten haben verhältnismäßig noch mehr Menschen Zugang zu städtischem Grün. Mithilfe der Anwendung von urbanen Skalierungsgesetzen können also Städte in ihrer Gesamtheit einfach und aussagekräftig entlang ihrer Bevölkerungsgröße auf Ungleichheiten analysiert werden.

In Zeiten einer immer stärker urbanisierenden Welt steht die Stadtplanung vor großen Herausforderungen, wohingegen zeitgleich auch Chancen für die Schaffung neuer lebenswerter und grüner Stadtviertel entstehen. Ziel der vorliegenden Arbeit, ist es den derzeitigen Ist-Zustand der Grünflächenverteilung in europäischen Städten zu analysieren und zu bewerten. Durch eine eindeutige und streng wiederholbare Herangehensweise sollen Ungleichheiten gefunden werden, welche den Ämtern als Handlungsgrundlage dienen können. Außerdem wird hinterfragt, inwiefern die Definitionsparameter einer Grünfläche und der dazugehörigen Erreichbarkeit, die Resultate beeinflussen.

Mit diesen Zusammenhängen werden folgende Forschungsfragen insbesondere adressiert:

- Inwiefern unterscheiden sich europäische Städte hinsichtlich ihres Grünflächenanteils?
- Welche Unterschiede gibt es hinsichtlich der Erreichbarkeit der Grünflächen durch die Bevölkerung?
- Sind große Städte grüner als kleine Städte?
- Kann der Einfluss von den Parametern Mindestgröße und Gehdistanz über Skaleneffekte erklärt werden?

Zur Bearbeitung dieser Forschungsfragen wurden 8 repräsentative europäische Länder ausgewählt: Deutschland, Frankreich, Italien, Österreich, Polen, Schweden, Spanien und das Vereinigte Königreich. Bei der Auswahl der Länder wurde auf eine gleichmäßige geographische Verteilung geachtet und darauf, dass das Untersuchungsgebiet die einwohnerstärksten Länder enthält. Zusätzlich unterscheiden sie sich durch unterschiedliche Historien, Stadtentwicklungsprozessen, Stadtstrukturen, Klimazonen und Kulturen.

Als Grundlage für die durchgeführten Schritte wurden flächendeckende Bevölkerungsrasterdaten und Landnutzungsdaten aus dem European Urban Atlas verwendet. Weiters wurden ESA-WorldCover Daten, eine Landbedeckungskartierung der European Space Agency aus Sentinel-1 und Sentinel-2 Daten verwendet.

Urban Green ist ein breit diskutiertes Thema in der wissenschaftlichen Gemeinschaft. Die Kombination von hochaufgelösten Stadtkartierungen, Bevölkerungsrasterdaten, einer objektiven Stadtabgrenzung, unterschiedlichen Erreichbarkeitsdefinitionen, sowie die

Anwendung von Skalengesetzen sollen neue Blickwinkel in dieses äußerst wichtige Gebiet schaffen.

2 Urban Green Scaling

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem derzeitigen *State of the Art* und fasst die Grundlagen rund um das Thema urbane Skalierungsgesetze in Verbindung mit Urban Green zusammen. Es liefert die Theorie für die methodische Vorgangsweise dieser Arbeit und begründet, weshalb welche Definitionen von Städtischem Grün angenommen worden sind und wieso Grünflächen ein unverzichtbarer Bestandteil städtischer Strukturen sind. Dafür werden einige positive Auswirkungen von Grünflächen dargelegt. Außerdem wird erläutert, welche Daten für eine Grünflächenanalyse verwendet werden können und welche im Rahmen dieser Arbeit berücksichtigt worden sind. Zusätzlich werden unterschiedliche Sichtweisen der Erreichbarkeit von Grünflächen für die Bevölkerung und eine auf Bevölkerungsdichte und Mindestgröße basierende Stadtdefinition präsentiert. Gegen Ende des Kapitels wird der Status quo der Grünflächenverfügbarkeit in europäischen Städten mithilfe eines Pro-Kopf-Grünflächenanteils und dem Verhältnis von verbauter Fläche zu Grünfläche präsentiert, woraus ersichtlich wird welche Vorteile eine Analyse mithilfe Skalierungsgesetzen mit sich bringt und daher im Weiteren notwendig ist. Dafür werden die Grundlagen der Skalierungsgesetze von Bettencourt erläutert.

2.1 Städtische Grünflächen

Es existieren viele Beschreibungen und Einordnungen zu Urban Green, weshalb eine eindeutige Definition sehr schwierig ist. Nach der Europäischen Umweltagentur (European Environment Agency 2021) zählen zu städtischen Grünflächen alle Stücke bewachsenes Land innerhalb des städtischen Gefüges, das vorwiegend für Erholungszwecke genutzt wird. Green Urban Areas (GUA) können Anlagen verschiedener Größenordnungen umfassen, von begrünten Dächern oder kleinen Gärten bis hin zu großen Stadtparks. Im Vordergrund steht dabei die Nutzbarkeit des Menschen, wodurch GUAs frei zugänglich und von allen besucht werden können müssen. Ein beispielhafter Auszug der urbanen Grünflächen im European Urban Atlas ist in Abbildung 1 ersichtlich.

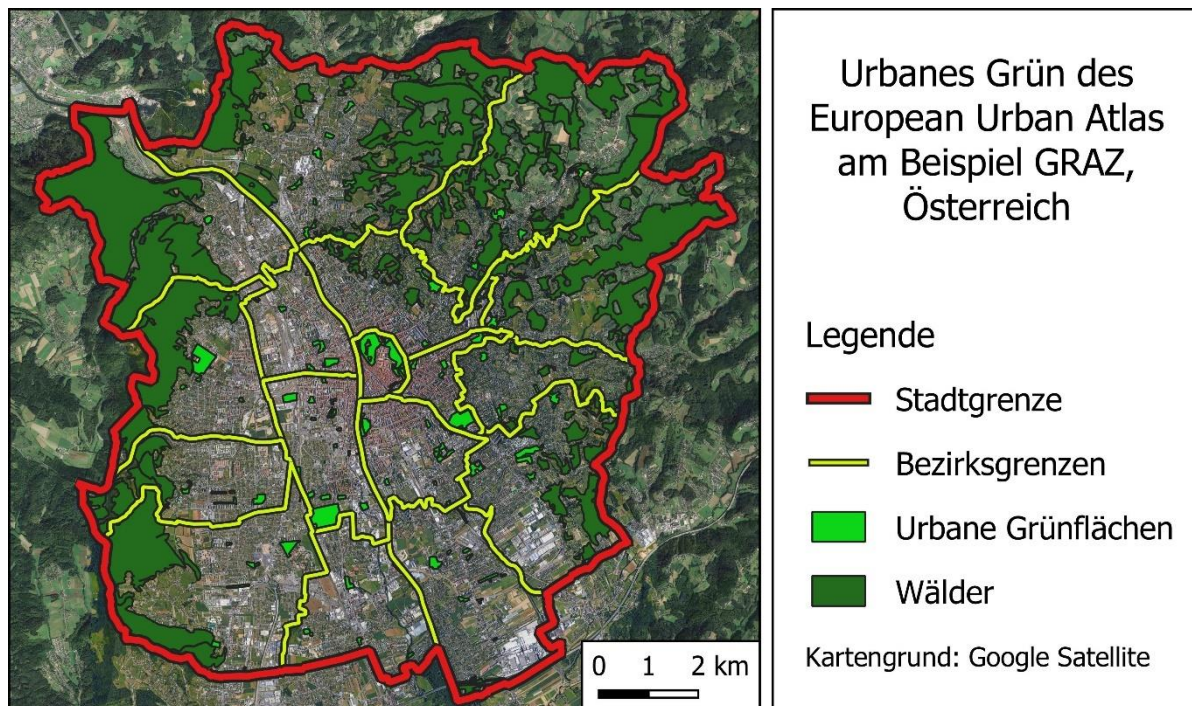


Abb. 1: Urbane Grünflächen des European Urban Atlas am Beispiel Graz, Österreich.

Die WHO 2016 führt mehrere mögliche Definitionen von Urban Green an, kommt aber zum Schluss, dass die gängigste und am meisten in wissenschaftlichen Publikationen verwendete Definition, die des European Urban Atlas (Copernicus 2022b) ist. Zu den städtischen Grünflächen im Sinne des European Urban Atlas (Code 14100) gehören öffentliche Grünflächen, die überwiegend für die Erholung genutzt werden. Dazu zählen unter anderem Gärten, Zoos, Parks oder vorstädtische Naturgebiete und Wälder. Auch an städtische Gebiete angrenzende Grünflächen, die für Erholungszwecke verwaltet oder genutzt werden, sind als Urban Green Areas kartiert. Ausgeschlossen von dieser Klasse sind Privatgärten, Vorgärten von Einfamilienhäusern, kostenpflichtige Freizeitzentren, Golfplätze, sowie andere Sportplätze (European Union 2020). Dabei liegt der Fokus auf städtische Grünflächen, die der Öffentlichkeit frei zugänglich sind, unabhängig von den sozioökonomischen Verhältnissen.

Aufgrund dieser Verhältnisse ist es naheliegend bei Grünflächenanalysen mit Urban Atlas Daten ausschließlich die Klasse Green Urban Areas zu beobachten. Jedoch fallen viele Waldgebiete am Stadtrand nicht mehr in diese städtische Klasse, sondern werden eigens als allgemeine Klasse *Forests* kartiert. Poelman 2018, Wüstemann et al. 2017, oder Kabisch et al. 2016 verwenden daher beispielsweise bei ihren Grünflächenreichbarkeitsanalysen die Klassen *Green Urban Areas* und *Forests*. Da Wälder meist frei zugänglich sind und großen

Erholungswert bieten dürfen sie somit nicht in der Gesamtbetrachtung fehlen und wurden auch im Rahmen dieser Arbeit inkludiert.

Ein weiterer Aspekt der Urban Green Thematik ist die Frage, ob landwirtschaftliche urbane Nutzflächen in Grünflächenanalysen miteingeschlossen werden sollten. Kabisch et al. 2016 argumentieren dabei, dass in der Urban Atlas Klasse Landwirtschaft, naturnahe Flächen und Feuchtgebiete, die potenziell als Grünflächen dienen können (z.B. nicht ganzjährig genutztes Weideland) mit Flächen von eher geringem Erholungswert (z. B. Ackerland) kombiniert werden und daher in den Analysen nicht berücksichtigt werden sollten. Diesem Vorschlag wird auch in dieser Arbeit gefolgt.

Neben diesen Kriterien werden Grünflächen oft aufgrund ihrer Größe definiert. Daher stellt sich die Frage, wie groß eine städtische Grünfläche sein sollte, um für Menschen nutzbar zu sein. Die Minimum Mapping Unit (MMU) des European Urban Atlas, welcher als genaueste frei zugängliche Landnutzungskartierung Europas gilt und daher wahrscheinlich auch am meisten verwendet wird, beträgt 0,25 Hektar. Dadurch werden alle Erscheinungen erst ab dieser Größe überhaupt kartiert. Fuller & Gaston 2009 hingegen verwenden für ihre Analysen die flächendeckende Corine Landcover Klassifikation mit einer MMU von 25 Hektar. Nach WHO 2016 können dafür hingegen städtische Parks ab einer Größe von 1 – 10 Hektar berücksichtigt werden. Kabisch et al. 2016 verwenden beispielsweise für ihre Analysen eine konkrete Mindestgröße von 2 Hektar. In der Literatur schwankt dieser Wert also von 0,25 – 25 Hektar.

2.1.2 Vorteile von Grünflächen

Urbane Grünflächen erbringen eine Vielzahl von positiven Auswirkungen auf die Stadtbevölkerung. Prinzipiell lassen sich dabei zwei Arten von Vorteilen unterscheiden: direkte positive Auswirkungen auf den Menschen durch aktive Nutzung von Grünflächen (z.B. Rückzugsort, Erholungsort, Freizeit, etc.) und positive Auswirkungen auf die urbane Umwelt, wodurch der Mensch indirekt profitiert (z.B. Lärmreduzierung, Luftfilterung, Kühlung des Mikroklimas etc.). Im Genaueren wird dabei der Begriff Ökosystemdienstleistungen (z.B. Bolund & Hunhammar 1999) angeführt, zu welchem alle Prozesse zählen, die zum Ökosystem-Stadt in positiver Weise beitragen.

Die WHO 2016 bietet einen umfangreichen Überblick über Studien, die den Zusammenhang zwischen Gesundheit und Grünflächenverfügbarkeit belegen. Demnach hilft städtisches Grün maßgeblich bei der Verminderung von Stress und mentalen Gesundheitsproblemen (Gascon et

al. 2015). Sugiyama et al. 2008 und Triguero-Mas et al. 2015 belegten eine Verbesserung von physischer und mentaler Gesundheit entlang allen Bevölkerungsschichten und Geschlechtern. Zusätzlich wurden eindeutige Zusammenhänge zwischen seltener auftretenden Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Grünflächenverfügbarkeit nachgewiesen (z.B. Mitchel & Popham, 2008, Pereira et al. 2012, Grazuleviciene et al. 2015). Außerdem trägt die Nutzung und das Vorhandensein urbaner Grünflächen zu einem verminderten Risiko zu Typ-2 Diabetes (Astell-Burt et al. 2014, Maas et al. 2009, Bodicoat et al. 2014) und einer reduzierten Mortalität (Gascon et al. 2016, Takano et al. 2002, Villeneuve et al. 2012) bei.

Die Verstädterung bedeutet gleichzeitig eine Zunahme der Bodenversiegelung. Daraus resultiert üblicherweise eine Zunahme der Oberflächen- und Lufttemperaturen. Heben sich die Temperaturen von Stadtgebieten stark von den Temperaturen ihrer umgebenden ländlichen Regionen ab, wird vom sogenannten Urban-Heat-Island Effekt (UHI) gesprochen. Hitze in Städten ist dabei ein großer Faktor für das Wohlbefinden der städtischen Bevölkerung. Städtische Grünflächen bieten kleine kühlere Temperaturoasen, welche den Menschen als gesundheitsfördernde Rückzugsorte dienen (Lafortezza et al. 2009). Zusätzlich wirken sie kühlend auf das Mikroklima der Stadt. Hamada & Ohta 2010 haben hierfür Temperatursenkungen im Sommer von etwa 2°C im Umkreis von über 300 Metern in städtischen Gebieten um eine Grünfläche mit Baumbeständen nachgewiesen.

Ein weiterer Faktor der Urbanisierung ist die zunehmende Belastung der Luftqualität in den Städten. Urbane Wälder tragen hierbei maßgeblich zur Luftfilterung und zur Verminderung von schädlichen Schadstoffen wie NO₂, SO₂, O₃, oder CO bei. Die öffentlichen verwalteten Stadtbäume der Stadt Straßburg schaffen es dabei jährlich etwa 88 Tonnen Schadpartikel aus der Luft zu filtern (Selmi et al. 2016). Zusätzlich sind Bäume in urbanen Parks in der Lage das für ihre Erbauung und Erhaltung emittiertes CO₂ innerhalb weniger Jahre zu wieder in sich selbst aufzunehmen und fungieren ab dann während ihres Lebenszyklus als Kohlenstoffsenke (Strohbach et al. 2012). Dadurch leisten sie einen wichtigen Beitrag zur Reduktion klima- und gesundheitsschädlicher Gase.

Aufgrund diesen und vielen weiteren Faktoren ist es daher wichtig, die Thematik Urban Green aus zwei Betrachtungswinkeln zu sehen. Zum einen benötigen Menschen Grünflächen zur Erholung, als Rückzugsort und zur Entfaltung. Zum anderen benötigt die Stadt als Ökosystem Grünflächen um Menschen und Tieren lebenswerte Rahmenbedingungen schaffen zu können.

2.1.3 Kartierung von Urban Green

Für Grünflächenanalysen ist es unabdinglich, verlässliche und qualitativ hochwertige Kartierungen von Städten zu verwenden. Dabei gibt es mittlerweile einige frei zugängliche Quellen. Das Copernicus CORINE Landcover (CLC) Projekt wurde schon 1985 initiiert und bietet eine europäisch-flächendeckende Landnutzungskartierung mit insgesamt 44 Klassen, wovon die Klassen „Green Urban Areas“ sowie die Waldklassen „Broad-leaved forest“, „Coniferous forest“, und „Mixed forest“ für urbane Grünflächenanalysen von Interesse sind. Ein großer Nachteil des Datensatzes ist jedoch die im Verhältnis zu anderen Datensätzen geringe Auflösung. Mit einer minimalen Kartierungseinheit von 25 Hektar werden nur große Erscheinungen der Realwelt kartiert. Dadurch lässt er sich jedoch einfach und nur mit geringem Rechenaufwand effizient verarbeiten und bietet dabei eine grobe Übersicht. Als Kartierungsgrundlage werden Erdbeobachtungssatelliten (z.B. SPOT-4, SPOT-5, IRS 1C-LISS etc.) verwendet und nach einem eigenen Kartierungsschlüssel in einem Maßstab von 1:100.000 digitalisiert. (Copernicus 2022a, Umweltbundesamt 2022)

Eine genauere Kartierung bietet Copernicus mit dem European Urban Atlas mit einer Mindestkartiereinheit von 0,25 Hektar, welcher für europäische *Functional Urban Areas* (FUA) erstellt wurde. Das bedeutet, dass er zwar in Stadtgebieten akkurater, jedoch nicht flächendeckend in Europa verfügbar ist. Gerade kleinere Städte können nicht in die Definition der FUAs fallen. Außerdem ist die Prozessierung großer Gebiete durch die hohe Auflösung enorm rechen- und speicherintensiv. Dieser Datensatz wird in Kapitel 3.1.2 genauer beschrieben.

Für die Bewertung von Ökosystemdienstleistungen können bestehende Landbedeckungsklassifikationen verwendet werden, da hier nicht nur die Nutzung des Menschen, sondern das generelle Vorkommen von Vegetation relevant ist. Die ESA-WorldCover Klassifikation bietet eine globale Abdeckung mit insgesamt 10 Klassen in einer 10 Meter Bodenauflösung. Als Grundlage dienten Sentinel-1 und Sentinel-2 Satellitenbilddaten mit einer validierten Treffergenauigkeit der daraus durchgeführten Klassifikation von 75% (European Space Agency 2022). Für Grünflächenanalysen bietet es sich hierbei an die Klassen „Grassland“, sowie „Tree Cover“ zu verwenden. Auch dieser Datensatz wird in Kapitel 3.1.2 noch genauer beschrieben.

Urban Green kann auch in eigenen Implementierungen mittels Fernerkundungsdaten ermittelt werden. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass zahlreiche verschiedene Daten mit fast beliebigen Aufnahmezeitpunkten und verschiedenen geometrischen Auflösungen verwendet werden

können. Dadurch können Grünflächendaten von jedem spezifischen Jahr seit Beginn der Satellitenbilddatenaufzeichnungen ermittelt werden. Da Bevölkerungsdaten meist eine niedrige zeitliche Auflösung haben, bietet es sich daher an, zeitlich passende Satellitenbilddaten für die darauffolgende Analyse zu verwenden. Eine beliebte Methode ist dafür die Nutzung des Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), bei dem die unterschiedlichen Strahlungseigenschaften in den verschiedenen spektralen Kanälen eines Satellitenbildes genutzt werden. Vegetation hat die Eigenschaft im sichtbaren roten Bereich des elektromagnetischen Spektrums kaum zu reflektieren, während die Reflexion im nahen Infrarotbereich sehr stark ausgeprägt ist. Durch die Berechnung einer normierten Differenz der beiden Spektralwerte eines Pixels kann mit hoher Wahrscheinlichkeit bestimmt werden, ob es sich bei dem betrachteten Pixel um Vegetation handelt oder nicht. Dafür muss jedoch ein Schwellwert gefunden und validiert werden. Dieser Schwellwert kann jedoch je nach geographischer Breite und Klimazone stark variieren. So nutzen zum Beispiel Wu & Kim 2021 Landsat Daten, um Grünflächen in chinesischen Städten zu kartieren. In einem weiteren Schritt werden die NDVI-Klassifikationen mit Landnutzungsdaten verschnitten, um aus den Vegetationsklassen die Flächen zu ermitteln, welche als Erholungsorte genutzt werden können. Etwas aufwendiger, ist die Durchführung von überwachten Klassifikationen, wie etwa Lang et al. 2008 präsentieren. Mit objektbasierter Klassifikation auf Basis von Luftbildern, sowie Quickbird Satellitenbilddatenaufnahmen wurden Stadtgebiete mit besonderem Augenmerk auf urbane Grünflächen kartiert.

Mit dem Aufkommen von Klassifikationsalgorithmen, welche auf maschinellem Lernen basieren, fand diese Methodik auch Einzug in das Thema Urban Green. Dafür werden beispielsweise multispektrale, aber auch hyperspektrale Bilddaten verarbeitet, um Aussagen über die Landbedeckungsart zu treffen. Besonders unterstützend können dabei gleichzeitig aufgenommene Light Detection and Ranging (LIDAR) Aufnahmen sein (z.B. Degerickx et al. 2020). Diese dreidimensionalen Punktwolken bieten zusätzlich den Vorteil, dass Eigenschaften im Sinne von Ökosystemdienstleistungen, wie beispielsweise geschätzte Biomasse, Holzbestand von Wäldern oder Baumkronendurchmesser berechnet werden können (z.B. Huang et al. 2013).

Da in dieser vorliegenden Arbeit Städte in verschiedenen Klimazonen betrachtet werden und die Menge an Daten nicht ohne Weiteres in einer eigens durchgeführten Klassifikation verarbeitet werden könnten, wurde auf vorhandene Klassifikationen (European Urban Atlas, ESA-WorldCover) zurückgegriffen. Die Verwendung von den beiden bestehenden

Klassifikationen bietet zusätzlich den Vorteil, dass sie jeweils einheitlich und nach gemeinsamen Kartierungsregeln erstellt worden sind. Dadurch lässt sich ein zueinander objektiveres Ergebnis, als bei einer selbst durchgeführten Klassifikation erzielen.

2.2 Erreichbarkeit von städtischem Grün

Wenn Urban Green zu Erholungszwecken analysiert wird, ist es nicht ausreichend nur das Vorhandensein von Grünflächen in einer Stadt zu betrachten. Eine kleine Parkfläche im Süden einer großen Stadt wird kaum von der Bevölkerung am nördlichen Stadtrand genutzt werden. Sinnvoller ist es dabei, die Menschen zu ermitteln, welche leicht durch örtliche Nähe in der Lage sind die Grünfläche zu erreichen. Bei Erreichbarkeitsanalysen von urbanem Grün werden daher Distanzberechnungen durchgeführt. Mithilfe Geographischen Informationssystemen (GIS) lässt sich schnell und einfach eine im Durchmesser definierte Fläche (sog. Pufferzone) um eine kartierte Grünfläche erstellen. Dadurch lassen sich Gebiete identifizieren, von wo aus sich eine Grünfläche in einer bestimmten Luftlinienentfernung befindet. Kompliziertere Verfahren, sogenannte Netzwerkanalysen bilden diesen Buffer nicht mithilfe der Luftlinie, sondern mit Geh- oder Fahrr dauern (z.B. Poelman 2018). Dafür sind jedoch Straßen- und Wegenetze, sowie Kürzeste-Weg-Algorithmen notwendig. Durch die Zuhilfenahme von Bevölkerungsdaten, wird anschließend die Menschenmenge berechnet, welche in den erstellten grünen Flächen ihren Wohnsitz und somit direkten Zugang zu Grünflächen haben.

Diese für Erreichbarkeitskonzepte notwendige Distanz lässt sich jedoch nicht allgemeingültig definieren. Wüstemann et al. 2017 erkannten diesen Umstand und führen eine kurze Zusammenfassung über bestehende Bestimmungen und Vorschläge an. Demnach schlägt die European Environmental Agency (EEA) vor, dass die gesamte Bevölkerung einer Stadt Zugang zu einer Grünfläche innerhalb 15 Gehminuten (etwa 900 - 1.000 Meter) haben sollte (Stanners & Bourdeau 1995). Die Niederlande empfiehlt hingegen 60 Quadratmeter Grünfläche pro Einwohner innerhalb eines 500 Meter Radius zum Wohnort (Roo et al. 2011). Im Vereinigten Königreich sollten Bürger dagegen 2 Hektar Grünfläche in maximal 300 Meter Entfernung zum Wohnsitz haben (Handley et al. 2003). Eine andere berechtigte Sichtweise der Erreichbarkeit ist, dass Grünflächen nicht nur zu Fuß, sondern auch mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreicht werden können. Dohr et. al 2014 berücksichtigen hierfür bei einer Grünflächenerreichbarkeitsanalyse der Stadt Istanbul, die Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln.

Es stellt sich jedoch auch die Frage, ob sich eine statische Distanz zu den Grünflächen im Erreichbarkeitskonzept als immer sinnvoll erweist. Beispielsweise werden dadurch kleinen, oft unter einem Hektar großen Flächen dieselbe Bedeutung wie großen Stadtparks mit mehreren Hundert Hektar Ausdehnung zugesprochen. In einer Analyse über Deutschland haben Wüstemann et al. 2017 bestätigt, dass 92,8% der deutschen städtischen Bevölkerung in weniger als 500 Meter Entfernung zu einer Grünfläche und 74,1 % in weniger als 300 Meter Entfernung zu einer Grünfläche wohnen.

Durch die Erstellung von 500 Meter Buffern um jede noch so kleine Grünfläche wird wie in Abbildung 2 ersichtlich, fast 100% der Stadtfläche, sowie die gesamte Bevölkerung der Stadt miteingeschlossen. Bei einer Scaling Analyse bezüglich der Erreichbarkeit, wird die Gesamtbevölkerungszahl einer Stadt mit der Menschenmenge verglichen, welche in den hellgrünen Zonen der Abbildung 2 wohnt. Dadurch wird in diesem Fall die Menge an Stadtbevölkerung mit einem Großteil der Stadtbevölkerung verglichen. Die Ergebnisse werden daher sehr uniform und linear erscheinen und sind daher weniger aussagekräftig. Zusätzlich kann hinterfragt werden, ob es realistisch ist, dass eine so kleine Grünfläche für Bewohner in 500 Metern Entfernung attraktiv ist, oder ob die Bevölkerung nicht eher zu einer größeren Grünfläche pendelt.

Um diesem Sachverhalt entgegenzukommen, wird in dieser Arbeit deshalb ein zusätzlicher dynamisch-linearer Ansatz präsentiert, welcher diesen Radius um eine Grünfläche je nach Ausdehnung der Grünfläche anpasst.

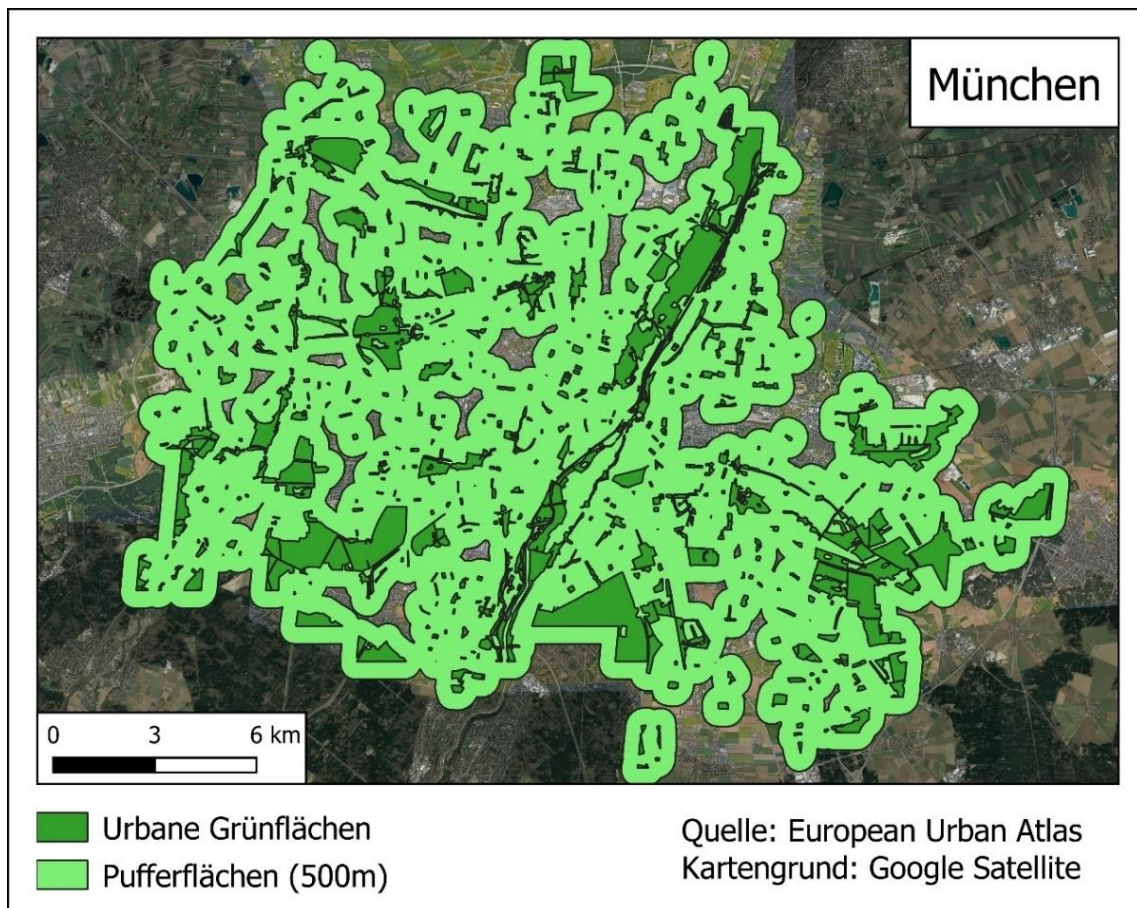


Abb. 2: Grünflächen und Pufferzonen der Stadt München, Deutschland basierend auf European Urban Atlas Daten, bei denen mit 500 Meter Pufferzonen fast die gesamte Stadtfläche mitberücksichtigt wird.

2.3 Städtische Skalierungsgesetze (Urban Scaling Laws)

Bei der Betrachtung von Grünflächenverfügbarkeit der städtischen Bevölkerung, werden Städte mit unterschiedlichsten Einwohnerzahlen berücksichtigt. Die Populationen reichen dabei von etwa 50.000 Einwohnern bis mehrere Millionen von Einwohnern. Um derartig verschiedene Datenmengen objektiv zu analysieren, bieten sich Skalierungsgesetze an.

Scaling wird nach Bettencourt et al. 2007 als Instrument verstanden, welches in der Lage ist, zugrundeliegende Strukturen und Prozesse von unterschiedlich großen Modellen aufzudecken. Es geht von der Annahme aus, dass biologische Organismen durch Energieverbrauchsrate, Wachstumsrate, Körpergröße und Beobachtungszeiträume beschrieben werden können. Bemerkenswert ist, dass fast alle physiologischen Merkmale von biologischen Organismen, trotz der Vielfalt und Komplexität mit der Körpermasse skalieren. Nach Bettencourts Skalierungsgesetz ist demnach ein Elefant nur ein aufgeblähter Gorilla, welcher selbst nur eine aufgeblähte Maus ist.

Nach diesem Ansatz können auch Städte betrachtet werden, da sie Verbraucher von Energie und Ressourcen sind und bestimmten Wachstumsgesetzen folgen. Als Wachstumsgesetz wird, wie schon in Kapitel 1 erwähnt $Y(t) = Y_0 \cdot N(t)^\beta$ angewandt. $Y(t)$ kann materielle Ressourcen (wie Energie oder Infrastruktur) oder Maße für soziale Aktivitäten (wie Wohlstand, Patente und Umweltverschmutzung) bezeichnen. Y_0 ist eine Normalisierungskonstante, während $N(t)$ die Bevölkerungsgröße zu einem gewissen Zeitpunkt darstellt. Der Exponent β spiegelt allgemeine dynamische Regeln wider, die in dem städtischen System gelten.

Durch die Beobachtung vieler Einzelphänomene kann nun zum Beispiel die Eigenschaft „Hektar an Grünfläche“ einer Stadt der Bevölkerungszahl gegenübergestellt werden. Durch Umformung in doppelt logarithmische Beziehungen und die anschließende Berechnung der Regression kann an der Steigung der Regressionsgeraden der Exponent β des Modells abgelesen werden. In einfachen Worten werden also Logarithmen von Populations- und z.B. Grünflächenwerten berechnet und anschließend Regressionsgeraden von diesen Ergebnissen gebildet. Dabei kann ein Phänomen sublinear, linear oder superlinear zur Bevölkerungsgröße einer Stadt wachsen beziehungsweise skalieren. Bei sublinearem Wachstum ($\beta < 1$) gibt es in größeren Städten beispielsweise im Verhältnis weniger Grünflächen als in kleinen Städten. Bei linearer Skalierung ($\beta \approx 1$) werden in großen Städten proportional gleich viel Grünflächen wie in kleinen Städten erwartet. Folgend stellen größere Städte bei superlinearem Wachstum ($\beta > 1$) viel mehr Grünflächen zur Verfügung. Zum Beispiel hätten bei einer superlinearen Skalierung zwei ähnlich große Städte, weniger Grünflächen als eine doppelt so große Stadt.

Bettencourt et al. 2016 erforschten, dass menschliche Grundbedürfnisse in Städten, wie z.B. Wasser- und Stromverbrauch, Wohnraum, und Anzahl an Jobs linear skalieren. Materielle Infrastruktur wie Straßenkilometer, Tankstellen, Kraftfahrzeugtreibstoffverbrauch oder Gesamtlänge der elektrischen Leitungen zeigen jedoch eine sublineare Skalierung (Economies of Scale, Skalenertrag), woraus geschlossen werden kann, dass große Städte in den bestimmten Beziehungen effizienter als kleine Städte sind. Besonders bemerkenswert ist jedoch, dass die meisten Beobachtungen der Autoren superlinear skalierten. Darunter zählen Einkommen, Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt, Erfindungen und Patente, Bankeinlagen aber auch Kriminalität und AIDS-Fälle. Große Städte sind also innovativere und kreativere Orte, Zentren der Wissenschaft und Wirtschaft, aber auch mit größeren Risiken zu Kriminalität und Krankheit verbunden. Die genauen Ergebnisse sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Tab. 1: Skalierungsexponenten von städtischen Indikatoren zur Bevölkerungszahl. (Quelle: Bettencourt et al. 2007)

Y	β	Adjusted R ²	Land - Jahr
New patents	1,27	0,72	U.S. 2001
Inventors	1,25	0,76	U.S. 2001
"Supercreative" employment	1,15	0,89	U.S. 2003
R&D establishments	1,19	0,93	U.S. 1997
Total wages	1,12	0,96	U.S. 2002
Total bank deposits	1,08	0,91	U.S. 1996
GDP	1,15	0,96	China 2002
GDP	1,26	0,64	EU 1999-2003
GDP	1,13	0,94	Germany 2003
Total electrical consumption	1,07	0,88	Germany 2002
New AIDS cases	1,23	0,76	U.S. 2002-2003
Serious crimes	1,16	0,59	U.S. 2003
Total housing	1	0,99	U.S. 1990
Total employment	1,01	0,98	U.S. 2001
Household electrical consumption	1	0,88	Germany 2002
Household electrical consumption	1,05	0,91	China 2002
Household water consumption	1,01	0,96	China 2002
Gasoline stations	0,77	0,93	U.S. 2001
Gasoline sales	0,79	0,94	U.S. 2001
Length of electrical cables	0,87	0,75	Germany 2002
Road surface	0,83	0,87	Germany 2002

In weiterführenden Analysen zu den Economies of Scale wurde der Zusammenhang zwischen CO₂ Emissionen und Stadtgröße in U.S.-Amerikanischen Städten untersucht (Fragkias et al. 2013). Entgegen den Erwartungen stellte sich heraus, dass im Zeitraum 1999-2008 der CO₂ Ausstoß nahezu linear mit der Bevölkerungsgröße skalierte. Größere U.S.-Amerikanische Städte sind daher nicht unbedingt emissionseffizienter als kleine Städte, schaffen es aber bei gleichbleibenden Emissionen mehr wirtschaftlichen Ertrag zu erbringen.

Neue Beobachtungen wurden von Akuraju et al. 2020 durchgeführt. Dabei wurden ausgewählte Ziele der SDGs in Städten unterschiedlicher Länder mithilfe Urban Scaling untersucht. Für diese Arbeit besonders relevant, sind die Ergebnisse für das SDG 11.7.1, welches über den durchschnittlichen Anteil der bebauten Fläche von Städten, der als Freiraum für die Öffentlichkeit genutzt werden kann handelt. Ihre primäre Quelle für die notwendigen Rohdaten sind die Urban Morphological Zones (UMZ) 2000 der Europäischen Umweltagentur. Der Datensatz enthält den Anteil der Grünflächen die Stadtfläche und Bevölkerungsschätzungen der Jahre 2000 und 2001 der jeweiligen europäischen Städte. Ihre Stadtabgrenzungen beruhen

nicht auf administrativen Einheiten, sondern auf Bodenbedeckungen der UMZ-Kartierung. Dabei wurden für die Länder, wie in Abbildung 3 ersichtlich tendenziell sublineare Scaling Exponenten beobachtet. Das heißt, in größeren Städten steht der Bevölkerung weniger Grünfläche zur Verfügung. Die Autoren analysieren insgesamt 8 Staaten, mit einer jedoch im Vergleich zu dieser Arbeit geringeren Städteanzahl: Deutschland (53 Städte), Frankreich (51 Städte), Italien (33 Städte), Niederlande (21 Städte), Polen (26 Städte), Rumänien (22 Städte), Spanien (38 Städte), und das Vereinigte Königreich (67 Städte).

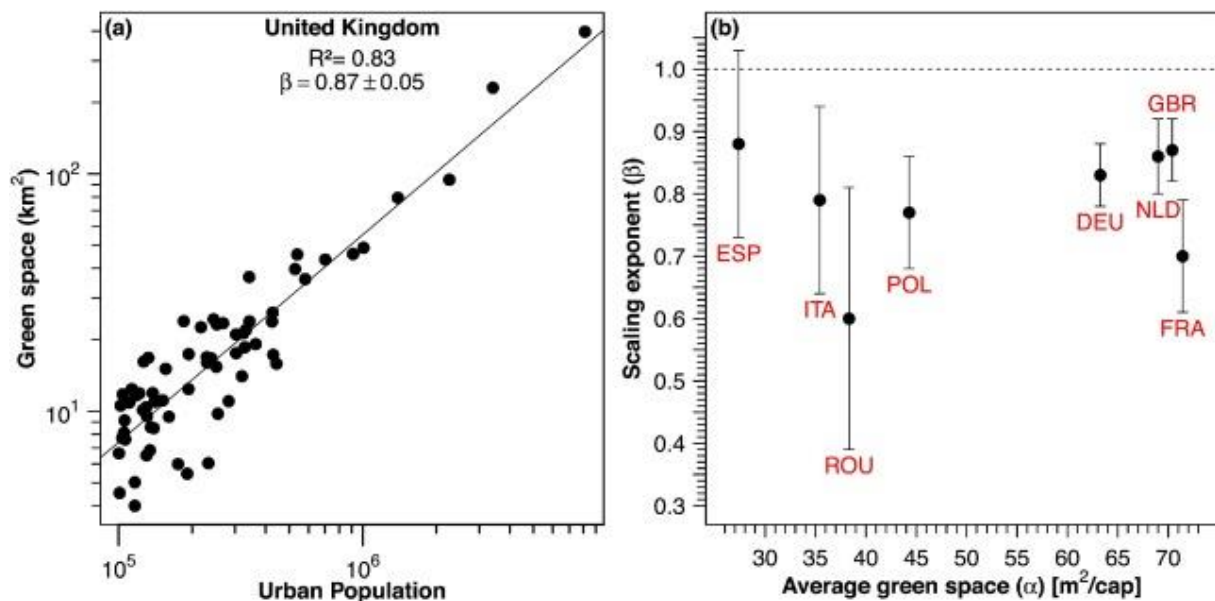


Abb. 3: Scaling Exponenten des Grünflächenanteils verschiedener Länder. (Quelle: Akuraju et al. 2020)

Fuller & Gaston 2009 führten eine ähnliche Scaling-Analyse im Kontext der Grünflächenverfügbarkeit durch. Dabei beobachteten sie 386 Städte, welche sie ebenfalls mithilfe der *Urban Morphological Zones* (UMZ) aufgrund von Bodenbedeckungen abgrenzten. Als Landnutzungsdaten verwendeten sie die in den UMZs inkludierten Informationen. Diese basieren auf einer Corine Landcover Klassifikation mit einer MMU von 25 Hektar. Dabei stellte sich heraus, dass sich Gesamtfläche und Population einer Stadt etwa linear bzw. eher sublinear zueinander skalieren ($\beta = 0.986$). Daraus folgt, dass nach der auf UMZ basierenden Stadtdefinition, Städte in mit ansteigender Größe ihren Einwohnern in etwa gleich viel, jedoch leicht weniger Fläche bieten.

Dahingegen wächst die absolute Grünfläche superlinear ($\beta = 1.179$) zur Gesamtfläche, wodurch flächenmäßig kleine Städte als benachteiligt gelten. Entlang von europäischen Städten wurde gleichzeitig ein signifikanter Rückgang an Grünflächenverfügbarkeit bei steigender

Einwohnerdichte nachgewiesen. Die Autoren schließen daraus, dass im Laufe der Urbanisierung immer mehr Menschen in das städtische Gefüge gepackt werden und dass vorhandener verfügbarer Freiraum Gebäuden weichen muss.

2.4 Räumliche Abgrenzung von Städten

Für die Anwendung von urbanen Skalierungsgesetzen ist eine eindeutige Definition einer Stadt notwendig. Wie schon erwähnt können Städte auf unterschiedliche Art definiert werden. Nach Heineberg 2016 können sich dafür Konzepte nach statistisch-administrativen, juristisch-historischen, soziologische, geographische und andere nicht-geographische Kriterien anwenden lassen. Am einfachsten ist es dabei die administrativen Einheiten der Staaten zu verwenden. Dabei gibt es aber große nationale Unterschiede, da die Grenzen meist willkürlich oder auch nach historischen Einflussfaktoren gezogen wurden. Der statistisch-administrative Stadtbegriff wird nach Einwohnerschwellwerten festgelegt, welche national sehr weit auseinander gehen. In Spanien, Norwegen oder Island liegt dieser Schwellwert zum Beispiel bei nur 200 Einwohnern, wohingegen die Schweiz, Griechenland oder Malaysia eine Stadt erst ab 10.000 Einwohnern besteht. In Japan gilt eine Siedlung erst ab 50.000 Einwohnern als Stadt (Heineberg 2016).

In der Stadtforschung werden häufig Daten aggregiert und zu größeren Raumeinheiten zusammengefasst, wodurch bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen große Schwankungen in den Ergebnissen auftreten können. Im Sinne des MAUP treten dabei zwangsläufig Verzerrungen bei unterschiedlichen Stadtdefinitionen auf. Das bekannteste Beispiel des MAUP ist das sogenannte *Gerrymandering*, bei dem politische Wahlkreise so gelegt werden, dass eine bestimmte Partei favorisiert wird. Bei einer internationalen Analyse von Städten ist es daher wichtig, eine objektive, eindeutige und einheitliche Definition von Städten zu verwenden, um diesen Verzerrungen entgegenzuwirken. Dabei bieten sich Modelle an, welche Parameter wie Bevölkerungsdichte und Mindesteinwohnerzahl berücksichtigen. Aber auch Bebauungsdichte, vorwiegender Bodenbedeckungstyp, oder der Abstand zwischen den Gebäuden können zum Einsatz kommen.

Die Relevanz der Abgrenzung von Städten in Bezug auf Skalensysteme haben Cottineau et al. 2017 weitreichend erforscht. Sie zeigen in ihrer Veröffentlichung wie unterschiedlich Stadtdefinitionen sein können und wie sich die Verwendung von unterschiedlichen Parametern auf die Ergebnisse, insbesondere die Scaling Exponenten auswirken können. Bei der Stadtabgrenzung gehen sie dabei methodisch folgendermaßen vor: Nach dem Identifizieren

eines Stadtkernes, basierend auf Bevölkerungsdichtewerten werden urbane Zentren ins Umland aggregiert. Basierend auf Pendlerströme wird das funktionale Umland mit in den Stadtkern inkludiert. Schlussendlich werden Städte basierend auf Mindesteinwohnerzahlen mit ins System genommen oder exkludiert. Für die Analyse werden diese drei Parameter - Bevölkerungsdichte, Pendlerströme und Mindesteinwohnerzahl iterativ verändert und deren Auswirkungen auf die Ergebnisse beobachtet.

Durch diese Methodik beobachteten die Autoren eine starke Auswirkung auf die Scaling-Exponenten der Beobachtungsgrößen. Physische Gegebenheiten, wie Stadtfläche oder Straßen- und Weglänge sind am instabilsten in ihrer Skalierung zur Bevölkerung. Dies liegt daran, dass sie natürlich direkt abhängig von den Eingangsparametern sind. Aber auch andere Beobachtungsgrößen wie Anzahl der Jobs in verschiedenen Wirtschaftssektoren oder Menge an Krankenhäusern schwanken stark von sublinear bis superlinear. Als Ausnahme gilt die Anzahl der Wohnsitze, welche immer streng linear mit der Bevölkerung skalierte. Einer der stärksten Faktoren war dabei die Wahl der Mindestgröße einer Stadt. Bei steigender Mindestgröße fallen immer mehr und mehr Städte weg, wodurch sich die Grundgesamtheit des Systems erheblich ändert. Die Veränderungen der Systeme und die daraus resultierende Auswirkung sind dabei niemals zufällig, sondern folgen bestimmten Mustern. Bei der Wahl einer geeigneten Stadtabgrenzung muss deshalb darauf geachtet werden, die Beobachtungsgröße von Interesse möglichst realistisch einzufangen. Außerdem sollte die Mindestgröße der Stadt nicht zu gering ausfallen, da kleine Städte wichtige Elemente des gesamten städtischen Systems sind.

3 Grünflächenermittlung und Erreichbarkeitsanalyse

Im Folgenden wird der methodische Teil der Masterarbeit behandelt. Im Zentrum stehen in diesem Kapitel die verwendeten Daten, sowie genaue Ausführungen zu den durchgeführten Schritten im Zuge der Grünflächen- und Erreichbarkeitsanalyse.

3.1 Datengrundlagen

3.1.1 Bevölkerungsdaten

Die Stadtabgrenzungen und Bevölkerungsberechnungen basieren auf Daten des Global Human Settlement Layer (GHSL) vom Joint Research Centre (JRC), einer gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission. Der GHSL gliedert sich in insgesamt drei Abstraktionslevels (Built-Up, Population und Settlement Model Grids), welche in 250 Meter oder 1 Kilometer Auflösung akquiriert werden können (JRC 2022).

Der Built-Up Layer bietet die Grundlage für die anderen zwei Layer und wird als am räumlich genauesten angesehen. Er ist ein global und multitemporal (1975, 1990, 2000, 2015) erhältlicher Datensatz und wurde einerseits aus Landsat-Daten mit verschiedenen geometrischen Auflösungen generiert. Ziel war es mithilfe statistischen Lernens (Symbolic Machine Learning) und Erdbeobachtungsdaten von Menschen bebaute Strukturen in verschiedenen Bebauungsdichten zu kartieren. Andererseits wurden Sentinel-1 Backscatter Daten zur Klassifikation der bebauten Flächen verwendet (Florczyk et al. 2019).

Der Population-Layer enthält die globale Verteilung und Dichte der Bevölkerung. Jede Zelle des Rasters enthält die entsprechende Menge an Bevölkerung. Grundlage dafür sind zum einen der Built-Up Layer, sowie zum anderen Zensusdaten des Center for International Earth Science Information Network (CIESIN). Dafür wurden Bevölkerungsdaten in höchstmöglicher Genauigkeit gesammelt. In dem darauffolgenden Disaggregationsprozess wurden die Zensusdaten bezüglich der Bebauungsdichte auf quadratische 250 x 250 Meter so Zellen verteilt, sodass auf dicht verbaute Gebiete mehr Einwohner und auf spärlich verbaute Gebiete nur wenige Einwohner fielen. Der Datensatz kann global als 250 Meter oder 1 Kilometer Raster als GeoTIFF in der flächentreuen Mollweide Projektion (ESRI:54009) akquiriert werden (Florczyk et al. 2019).

Die 1-Kilometer Daten wurden hierbei für den Stadtbildungsprozess und die 250 Meter Auflösung für die Bevölkerungsberechnung verwendet. In Abbildung 4 ist ein

Beispielausschnitt der deutschen Hauptstadt Berlin ersichtlich. Gut zu erkennen sind die großen bevölkerungsarmen Vegetationszonen im Osten und Westen der Stadt, in denen der Disaggregationsalgorithmus nur wenig Einwohner verteilt hat.

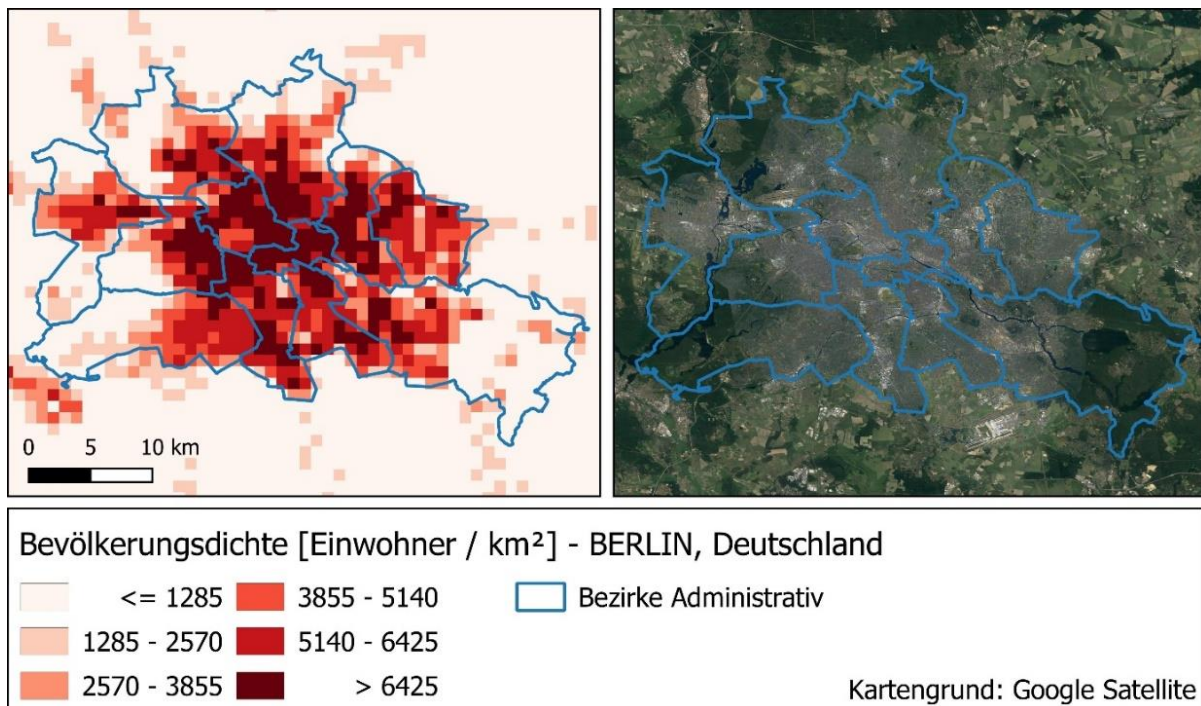


Abb. 4: Global Human Settlement Layer - Population. Einwohnerdichte am Beispiel Berlin. Die Bevölkerungsdichteklassen wurden nach Quintilen (gleichverteilte Klassengrößen) gewählt.

3.1.2 Landnutzungs- und Landbedeckungsdaten

Eine genaue Landnutzungsklassifikation von Copernicus bietet der European Urban Atlas, welcher erstmals 2006 erstellt wurde und seitdem alle 6 Jahre aktualisiert wird. Er basiert auf dem CORINE Landcover Projekt, welches aber aufgrund des großen Maßstabes (1:100.000 – 25 Hektar) nicht für städtische Fragestellungen geeignet ist. Als Teil der Initiative *Global Monitoring for Environment and Security* (GMES) fokussiert sich der European Urban Atlas in hoher Genauigkeit auf urbane Klassifikationen und umfasst Kartierungen von insgesamt 788 europäischen *Functional Urban Areas* (FUA) (Copernicus 2022b). Als Klassifikationsgrundlage dienen SPOT-5, SPOT-6 und Formosat-2 Erdbeobachtungsdaten in Kombination mit lokalen Kartenmaterial (Copernicus 2017).

Die Städte des Urban Atlas sind im Maßstab 1:10.000 kartiert, wobei insgesamt 20 Klassen verwendet werden, von denen die 17 städtischen Klassen eine MMU von 0,25 Hektar und die 3 nicht-städtischen Klassen eine MMU von 1 Hektar aufweisen. Die Mindestgenauigkeit der

Daten beträgt 85 % für künstliche Oberflächen und 80 % für die übrigen Klassen. Als Positionsgenauigkeit wird etwa +/- 5 Meter angegeben. Die großen Vorteile des European Urban Atlas und dem CORINE Landcover Datensatz sind zum einen die freie und kostenlose Zugänglichkeit, sowie zum anderen die Verfügbarkeit transnationaler, nach einheitlichen harmonisierten Regeln kartierten Landnutzungsdatensätze (Montero et al. 2014). Der Urban Atlas überragt die CORINE Kartierung mit einer deutlich höheren Auflösung.

Zusätzlich zu der Landnutzungskartierung wird von Copernicus eine Veränderungskartierung (Change-Detection) zwischen den veröffentlichten Zeiträumen, sowie eine Gebäudehöhenmaske und ein Layer über Straßenbäume in Städten angeboten. Aufgrund dieser Eigenschaften wird der European Urban Atlas häufig in geographischen Stadtanalysen zur Hilfe genommen. Für die durchgeführten Schritte wurden alle verfügbaren Daten der zu untersuchenden Länder aus dem Jahr 2018 akquiriert. Die Daten wurden über die Copernicus Homepage bezogen, welche die Vektordaten als *Geopackage* (GPKG) mit der Projektion ETRS89-extended / LAEA Europe (EPSG:3035) zur Verfügung stellt. Für die weitere Verarbeitung im Rahmen dieser Arbeit wurden nur Polygone der Klassen „14100 - Green Urban Areas“ und „31000 - Forests“ verwendet. Schlussendlich wurden die Daten noch in dieselbe Projektion wie die GHSL-Pop Daten (ESRI:54009) reprojiziert. Ein beispielhafter Auszug des Urban Atlas der italienischen Inselstadt Venedig ist in folgender Abbildung 5 ersichtlich. Wie schon in Kapitel 2.1.3 erwähnt, sind nicht alle kleinen Städte im Urban Atlas verfügbar. Betroffen davon sind Frankreich, Italien, Spanien und das Vereinigte Königreich. Die Anzahl der fehlenden Städte ist in folgender Tabelle ersichtlich.

Tab. 2: Fehlende Städte im Urban Atlas.

Land	Städte - Gesamt	Städte - Urban Atlas
Frankreich	68	67
Italien	91	87
Spanien	64	61
Vereinigtes Königreich	138	84

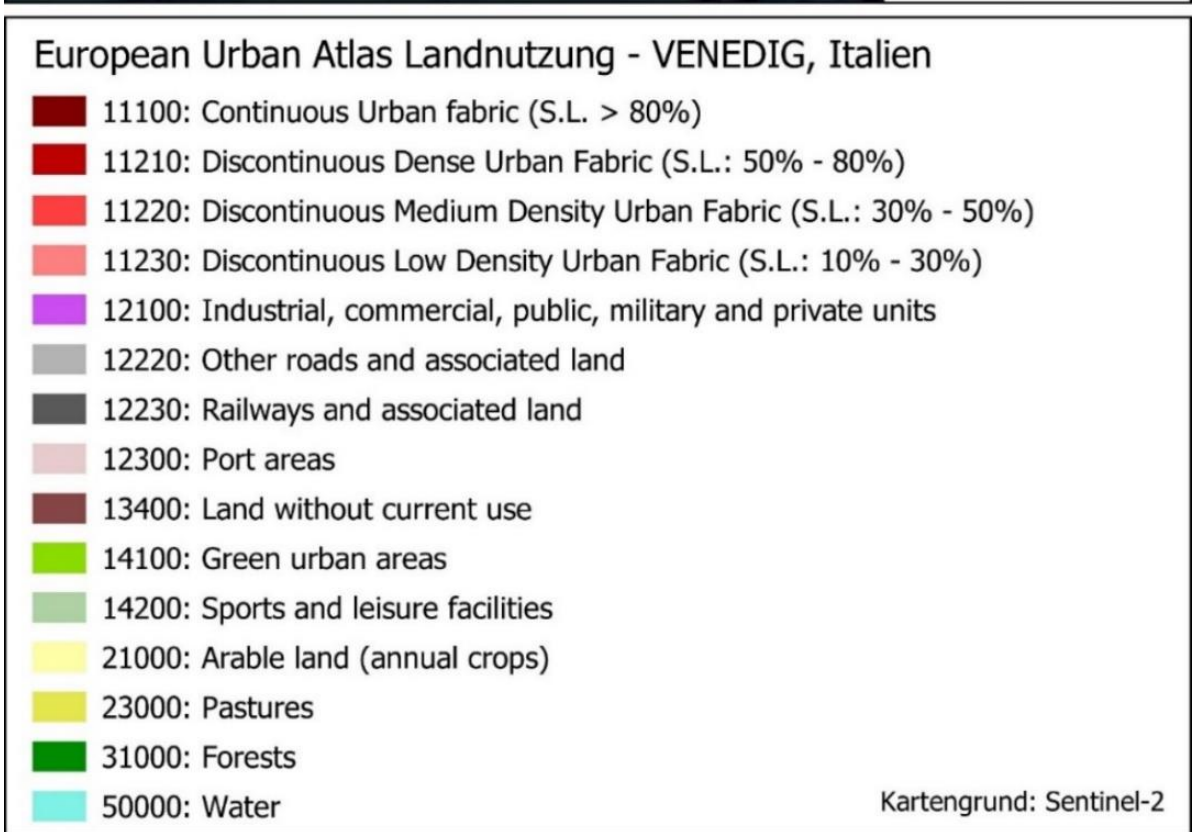


Abb. 5: European Urban Atlas Klassifikation am Beispiel Venedig. Als Kartengrund wurde eine Sentinel-2 Szene verwendet. Die blauen Flächen, der Abbildung repräsentieren daher Meeresflächen und Inseln außerhalb des Stadtgebietes.

Im Gegensatz dazu gibt ein Landbedeckungsdatensatz lediglich über die vorherrschenden Bodeneigenschaften Auskunft, ohne auf die Nutzung durch den Menschen einzugehen. Ein global verfügbarer und einheitlicher Anbieter dafür ist die ESA-WorldCover Initiative. Mithilfe der Kombination aus Sentinel-1 Radardaten und multispektralen Sentinel-2 Satellitenbilddaten konnte die Erde in 11 Landbedeckungstypen klassifiziert und mit 75% Mindestgesamtgenauigkeit validiert werden. Dabei nehmen verschiedenen Landbedeckungstypen verschiedene ganzzahlige Werte in den Rasterzellen ein. Mit einer geometrischen Auflösung von quadratischen 10 x 10 Meter Pixeln überragt diese Klassifikation den Urban Atlas, gibt jedoch keine Auskunft über die Nutzungseigenschaften. (European Space Agency 2022)

Die ESA-WorldCover Klassifikation wurde über die Google Earth Engine, einer cloudbasierten Plattform zur Prozessierung von Geodaten akquiriert. Dafür wurden die WorldCover Ausschnitte automatisiert von allen zu untersuchenden Städten iterativ exportiert. Anders als bei den Urban Atlas Landnutzungsdaten konnten durch die flächendeckende Verfügbarkeit ESA-WorldCover Daten für alle identifizierten Städte bezogen werden. Ein Ausschnitt aus dem Datensatz ist in folgender Abbildung 6 am Beispiel der sizilianischen Stadt Palermo ersichtlich.

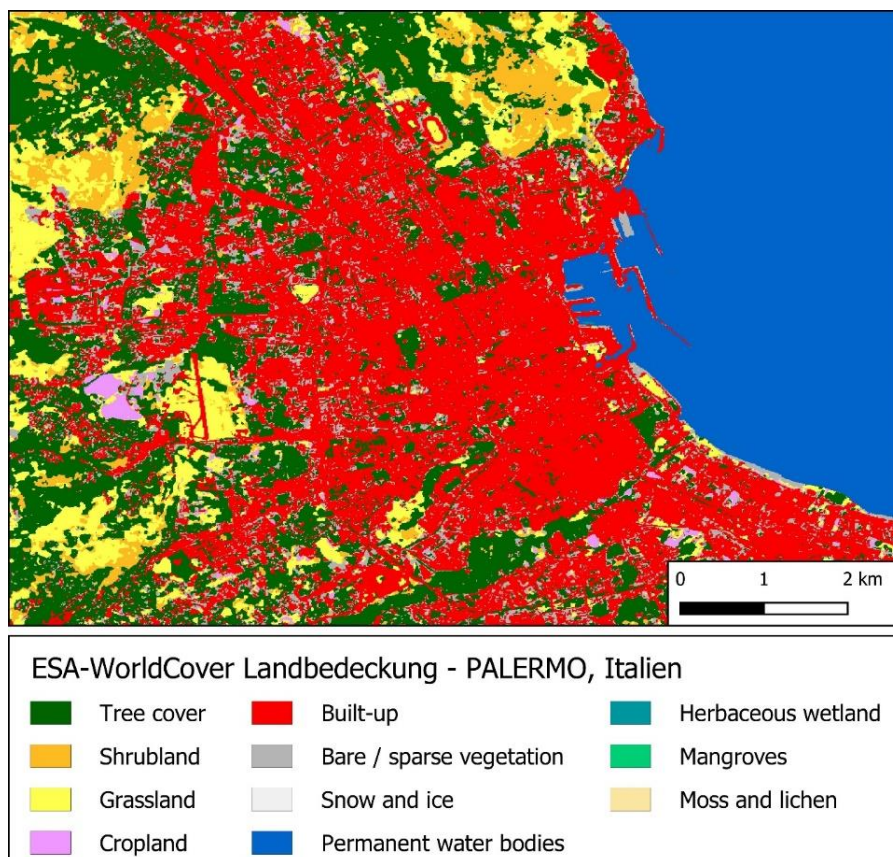


Abb. 6: ESA-WorldCover Ausschnitt am Beispiel der Stadt Palermo, Italien.

3.1.3 Grünflächenverfügbarkeit in europäischen Städten

Im folgenden Abschnitt wird dargestellt, wie die Ausprägungen von urbanem Grün in den verschiedenen Ländern, Klimazonen und geographischen Breiten variieren können. Deutlich unterschiedlich sind dabei die verschiedenen Größen einzelner Grünflächen in den verschiedenen Ländern. In Abbildung 7 wird die relative Verteilung der urbanen Grünfläche an der Gesamtgrünfläche aller untersuchten Länder, gemessen an den Landnutzungsdaten des Urban Atlas visualisiert. Dafür wurden in der linken Grafik die absolute Anzahl aller Grünflächen berechnet, und pro Land der Anteil der jeweiligen Mengen der Grünflächen ermittelt. Im rechten Teil der Abbildung wurde die Summe aller Grünflächengrößen in Hektar berechnet und anschließend der Prozentsatz des Grünflächenvorkommens in Hektar des Landes ermittelt. In der untenstehenden Tabelle befinden sich die Menge an beobachteten Städten, sowie die aufsummierte Fläche dieser Städte pro Land.

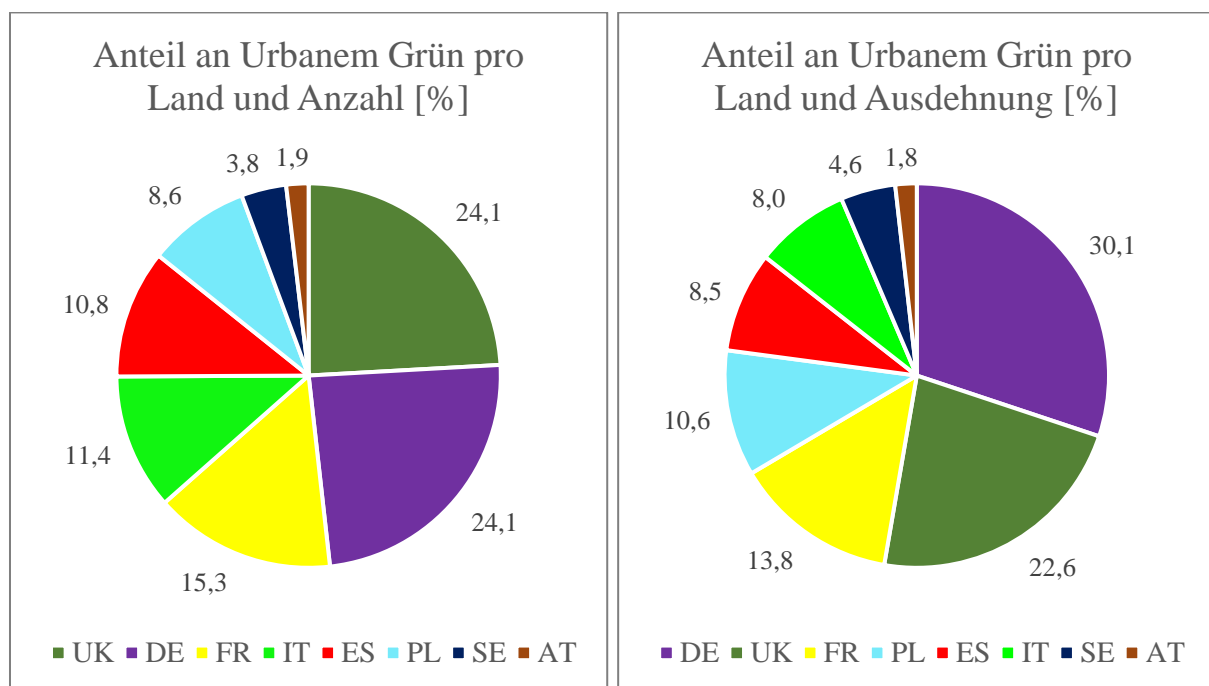


Abb. 7: Verteilung und Häufigkeit der Landnutzungsgrünflächen nach Ländern - Urban Atlas.

Tab. 3: Anzahl und Gesamtfläche der untersuchten Städte mit Landnutzungsdaten und relativen Anteilen - Urban Atlas.

Land	Anzahl an Städten	Gesamtfläche aller Städte [km ²]
Deutschland	84 (18,75%)	8825 (24,00%)
Frankreich	67 (14,96%)	5397 (14,68%)
Italien	87 (19,42%)	4690 (12,75%)
Österreich	6 (1,34%)	586 (1,59%)
Polen	47 (10,49%)	3145 (8,55%)
Schweden	12 (2,68%)	829 (2,25%)
Spanien	61 (13,62%)	4014 (10,92%)
Vereinigtes Königreich	84 (18,75%)	9287 (25,25%)
Summe:	448 (100%)	36773 (100%)

Das Vereinigte Königreich, mit den insgesamt flächenmäßig größten Städten besitzt dabei zwar mengenmäßig die meisten Grünflächen (24,1% aller Grünflächen im Datensatz), gemessen an der Fläche der Grünflächen liegt Deutschland mit einem Abstand von 7,5% vor Großbritannien. Daraus kann geschlossen werden, dass die insgesamt etwas kleineren Städte Deutschlands mehr Grünflächen besitzen als die des Vereinigten Königreiches.

Obwohl in Italien am meisten Städte beobachtet wurden, befinden sich zahlenmäßig nur 11,4% aller Grünflächen und flächenmäßig nur 8% des Grünflächenanteils in Italien. Auch an der Gesamtfläche aller Städte Italiens ergibt sich, dass dort eher kleinere und kompaktere Städte mit weniger und flächenmäßig kleineren Grünflächen vorherrschend sind. Polen überrascht mit einer im Verhältnis zu den anderen großen Ländern geringen Stadtgesamtgröße, weniger Grünflächen (8,6%) dafür proportional viel Anteil an der Gesamtgrünfläche aller Beobachtungen (10,6%). Daraus ergibt sich, dass in Polen eher wenige, aber dafür große Grünflächen zu finden sind.

Da die WorldCover Daten im Rasterformat vorliegen, konnte für diesen Analysen lediglich Flächenanteile bei der Sicht auf die Landbedeckung durchgeführt werden. Durch die Betrachtung sämtlicher identifizierten Städte sind bei der Differenzierung Landnutzung und Landbedeckung zusätzliche Unterschiede bemerkbar (Abbildung 8).

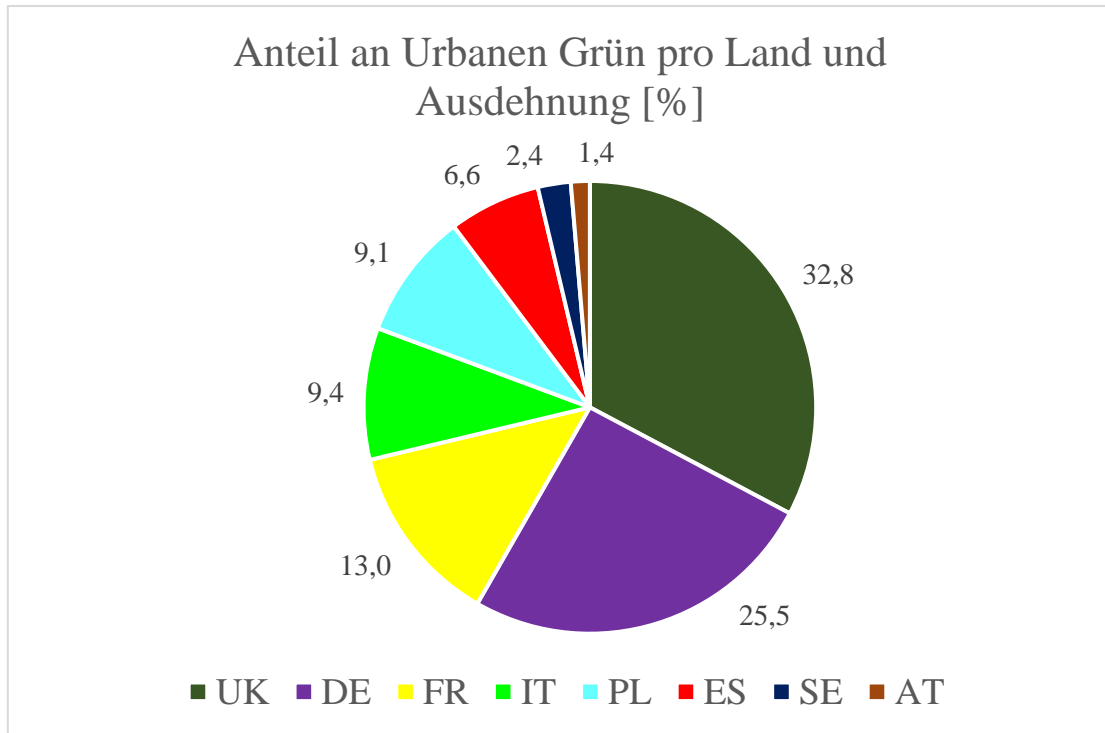


Abb. 8: Verteilung und Häufigkeit der Landbedeckungsgrünflächen nach Ländern – ESA-WorldCover.

Tab. 4: Anzahl und Gesamtfläche der untersuchten Städte mit Landbedeckungsdaten mit relativen Anteilen - ESA-WorldCover.

Land	Anzahl an Städten	Gesamtfläche aller Städte [km ²]
Deutschland	84 (16,47%)	8825 (22,70%)
Frankreich	68 (13,33%)	5442 (14,00%)
Italien	91 (17,84%)	4772 (12,28%)
Österreich	6 (1,18%)	586 (1,46%)
Polen	47 (9,22%)	3145 (8,09%)
Schweden	12 (2,35%)	829 (2,29%)
Spanien	64 (12,55%)	4123 (10,61%)
Vereinigtes Königreich	138 (27,06%)	11152 (28,69%)
Summe:	510 (100%)	38874 (100%)

Auffällig ist, dass bei der Betrachtung aller verfügbaren Staaten Großbritannien den meisten Anteil an Grünflächen nach Landbedeckungsart einnimmt.

Durch den Vorteil der Urban Atlas Vektordaten konnten zusätzlich noch Unterschiede in der Größenverteilung der Grünflächen herausgearbeitet werden. In Abbildung 9 und 10 werden diese Unterschiede der verschiedenen Länder visualisiert. Dafür wurde der gesamte Datensatz der einzelnen Grünflächen der Größe nach sortiert und in 5 gleich große Mengen (Quintile) geteilt. Wie in Abbildung 9 ersichtlich entstanden dadurch die statistischen Grenzen von 0, 0,8, 1,4, 2,6, 5,9 und 1646,6 Hektar zwischen denen sich gleich viele Grünflächen, also 20% des Datensatzes befinden. Zu beachten ist hierbei die sehr große Spannweite der letzten Menge, was bedeutet, dass es insgesamt eher sehr viele kleine aber dafür nur wenige sehr große Grünflächen gibt. Der Balken „All“ in Abbildung 9 repräsentiert diese statistische Verteilung indem alle Klassen 20% einnehmen. In den anderen Balken sind nun die Abweichungen der einzelnen Länder von dieser Verteilung repräsentiert.

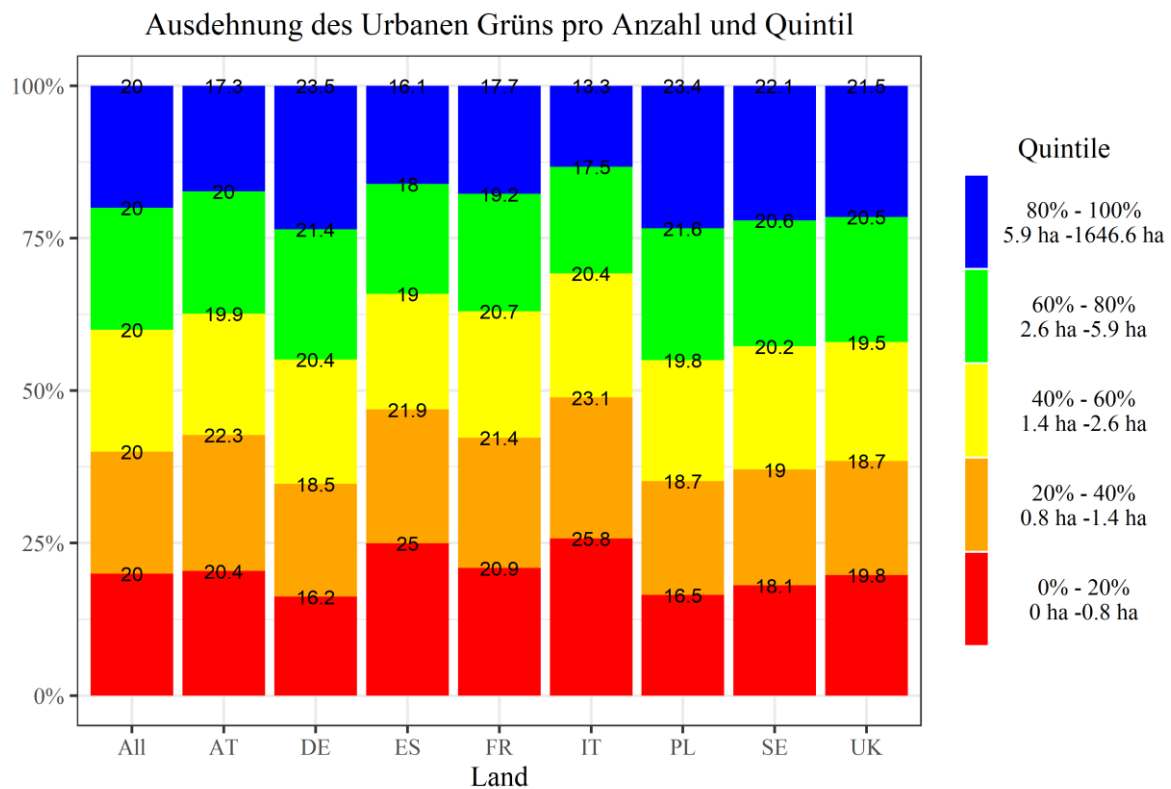


Abb. 9: Grünflächengrößen in europäischen Städten eingeteilt nach Menge, Quintile und Land.

In Spanien und Italien fällt auf, dass die kleinen Klassen im Verhältnis zur Gesamtverteilung stark überbesetzt sind. Diese Beobachtung stützt den Verdacht, dass diese beiden Länder im Vergleich zu den anderen Ländern mehr kleine Grünflächen als große Grünflächen besitzen. Vor allem in Italien nimmt der Anteil der Grünflächen in der größten Klasse lediglich 13,3% ein, folglich gibt es in italienischen Städten nur sehr wenige große Grünflächen. Das Gegenteil von diesem Zustand liegt in Deutschland und Polen vor, in denen die flächenmäßig größte Klasse am stärksten besetzt ist. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass dort übermäßig große Grünflächen, dafür weniger kleine Grünflächen vorherrschend sind. Österreich, Frankreich, Schweden und das Vereinigte Königreich zeigen eine ausgewogene Verteilung.

Abbildung 10 zeigt, inwiefern sich diese einzelnen Quintile auf die Gesamtausdehnung aller Grünflächen auswirken. Dafür wurden lediglich die Fläche aus den einzelnen Quintilen pro Land aufsummiert und als relativer Anteil an der Gesamtgrünfläche des Landes dargestellt.

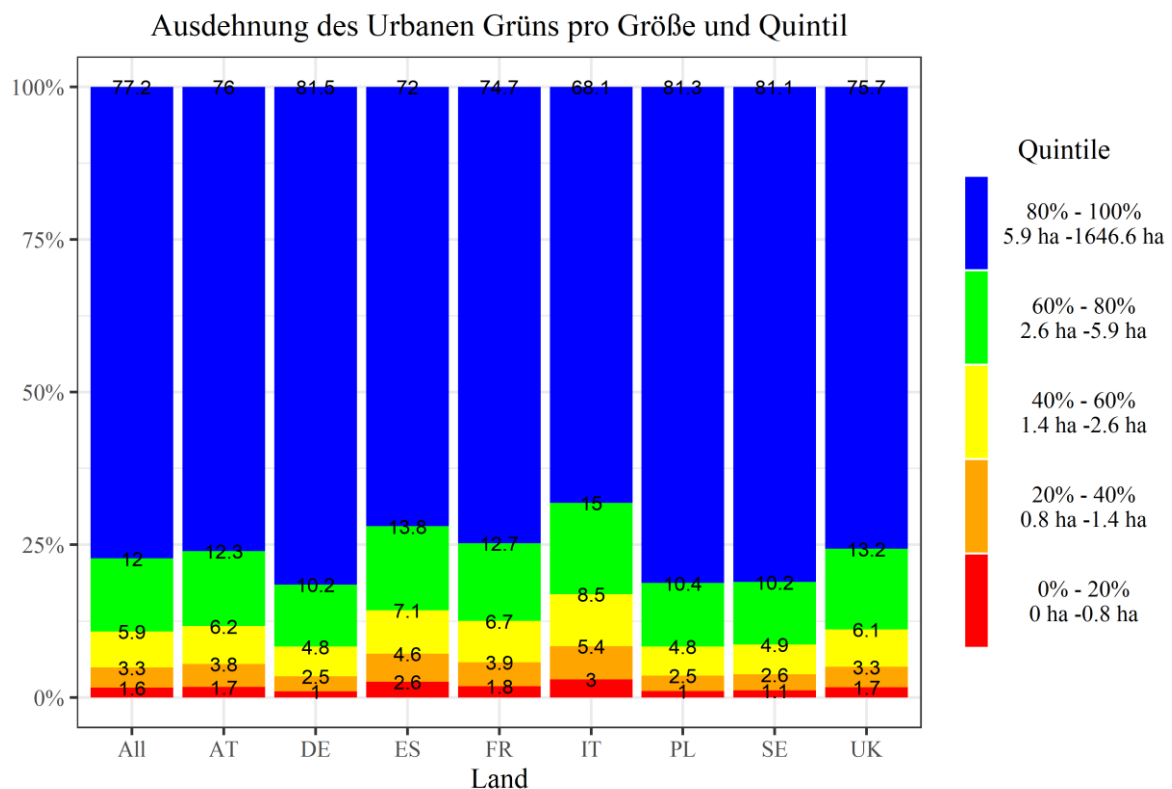


Abb. 10: Grünflächengrößen in europäischen Städten eingeteilt nach Ausdehnung, Quintile und Land.

Dabei ist ersichtlich, dass die kleinste Klasse nur 1,6% der Gesamtgrünflächenausdehnung beansprucht und das 80% - 100% Quintil den größten Anteil der Gesamtfläche einnimmt. Trotzdem ist derselbe Trend zu den Ausführungen zu vorangehender Grafik abzulesen. In Spanien und Italien ist der Beitrag der kleinen Grünflächen im Vergleich zu den übrigen Ländern am größten, während die größte Klasse im Vergleich am wenigsten Fläche in Anspruch nimmt. In Deutschland und Polen ist wiederum der gegenteilige Fall zu beobachten: Kleine Grünflächen sind unterproportional und große Grünflächen überproportional in den Ländern vertreten.

Wie sich diese Faktoren in den internationalen Städten auswirken, ist in folgender Abbildung 11 ersichtlich. Dafür wurden für Urban Atlas Landnutzungsdaten und für ESA-WorldCover Landbedeckungsdaten jeweils der Anteil der Grünfläche zur Gesamtstadtfläche in Prozent, sowie der Pro-Kopf-Grünflächenanteil in Quadratmeter urbanes Grün pro Einwohner berechnet. Anzumerken ist, dass die Ergebnisse sich zwischen Landbedeckung und Landnutzung stark unterscheiden, sodass keine einheitlichen Klassengrenzen gebildet werden konnten. Die Klassenbildung wurde deswegen datenspezifisch getroffen, sodass sich in fünf Klassen (Quintilen) immer dieselbe Anzahl an Städten befindet.

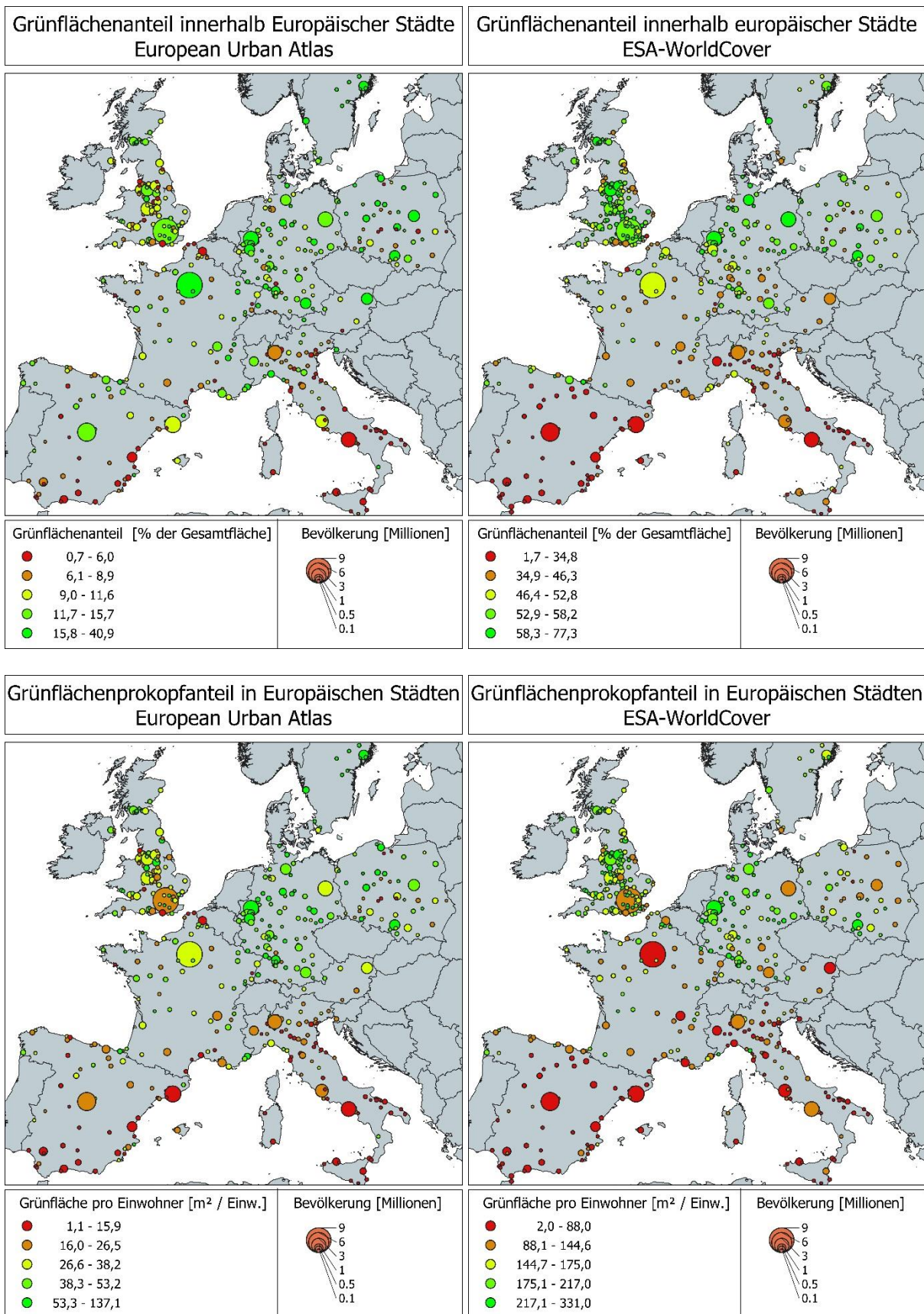


Abb. 11: Grünflächenverfügbarkeit in europäischen Städten dargestellt an Anteil von Grünfläche an der Gesamtstadtfläche und Grünflächen-pro-Kopf-Anteil mit Urban Atlas und ESA-WorldCover Daten.

Auf den ersten Blick lässt sich feststellen, dass es sowohl beim Stadtgrünflächenanteil und beim Pro-Kopf-Anteil tendenziell ein Nord-Süd-Gefälle gibt. Dieser Gradient über die geographische Breite wurde von Kabisch et al. 2016 schon weitreichend erklärt. Demnach kann das Gefälle zu einem großen Teil über die klimazonenspezifische geringere Waldbedeckung erklärt werden. Darüber hinaus weisen die Städte entlang der Mittelmeerküste einen hohen Anteil an vegetationskargen Flächen und Felsen auf. Die geringe Verfügbarkeit von Grünflächen in den Städten des Mittelmeerraums kann laut den Autoren zusätzlich auf mehrere Faktoren zurückzuführen sein. Die lange und oft nicht nachhaltige Landnutzung führte zu einer großflächigen Abholzung der empfindlichen mediterranen Sklerophyll-Wälder und zur Entstehung der heutigen Macchie-Vegetation. Auch in den oft kompakten mediterranen Städten gibt es wenig Platz für urbanes Grün. Außerdem kann die Pflege von Grünflächen unter mediterranem Klima nicht nachhaltig, aber dafür kostspielig sein, wodurch sie oft über kurz oder lang aufgelassen werden.

Auch für das hohe Angebot an städtischem Grün in den nördlichen Ländern fanden Kabisch et al. 2016 Antworten. Die überdurchschnittlichen Werte für Grün- und Waldflächen in den Städten der nördlichen EU sind auf den natürlichen Waldreichtum zurückzuführen. Dieses Überangebot ist jedoch auch eine Folge der Stadtentwicklung nördlicher europäischer Länder. Einige der östlichen und südöstlichen EU-Länder mit geringeren Grünflächenverfügbarkeitswerten haben nach ihrem Eintritt in die Marktwirtschaft in den 1990er Jahren möglicherweise keine solide Politik für das Grünflächenmanagement gefunden. In diesen Städten dominierten Neubauten und die Privatisierung des städtischen Raums die urbane Flächennutzung

Während also die südlichen Länder Italien und Spanien sehr vegetationsarm erscheinen, weisen die nördlichen Länder vor allem Schweden und Deutschland durchwegs sehr viel Grünanteil auf. Frankreich, Polen und das Vereinigte Königreich wirken durchmischt und bewegen sich im Mittelfeld der Ergebnisse. Eindeutige statistische Aussagen können aufgrund Abbildung 12 getroffen werden. Dafür wurden jeweils die mittlere Grünflächenbedeckung in Prozent der Gesamtstadtfläche, sowie der mittlere Grünflächen-Pro-Kopf-Anteil in Quadratmeter pro Einwohner für beide Datenquellen und für alle Länder berechnet.

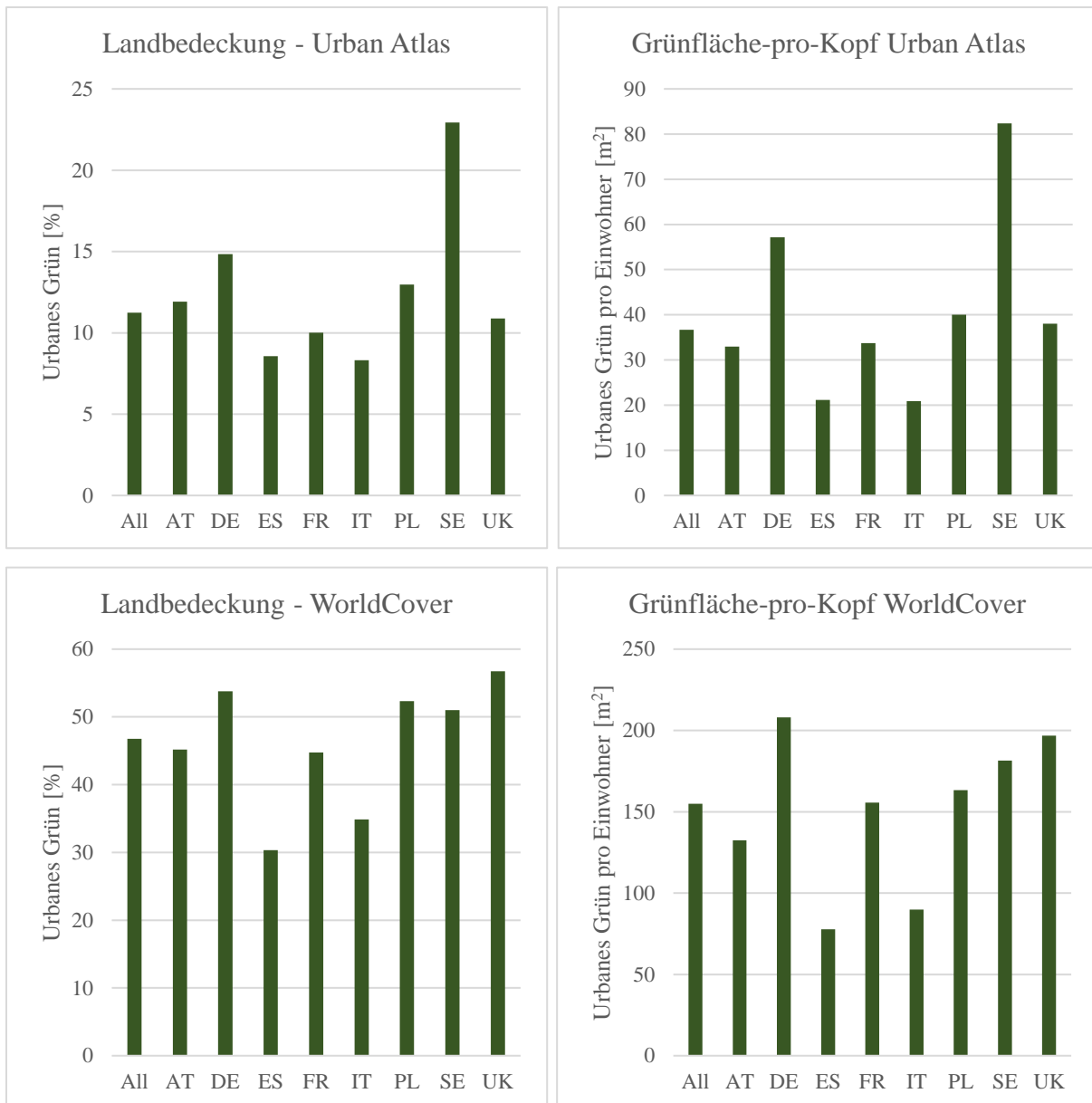


Abb. 12: Mittlerer Grünflächenanteil und mittlerer Grünflächen-Pro-Kopf-Anteil in europäischen Ländern.

Bei der Landnutzung (Urban Atlas Daten) heben sich Deutschland und Schweden sowohl beim Grünflächenanteil als auch beim Pro-Kopf-Anteil deutlich von den anderen Staaten ab. Spanien und Italien befinden sich im unteren Bereich, während Frankreich, Österreich, Polen und das Vereinigte Königreich mittlere Werte einnehmen.

Bei den Landbedeckungsdaten (ESA-WorldCover) weisen die Staaten Deutschland, Schweden aber auch Polen und das Vereinigte Königreich die höchsten Mittelwerte auf. Daraus könnte geschlossen werden, dass in diesen beiden letzteren Staaten zwar viele Grünflächen vorhanden sind, welche jedoch nicht von der Allgemeinheit genutzt werden können.

Obwohl durch die im Durchmesser nach Einwohnerzahl einer Stadt variierenden Punkte der Karten, die berechneten Statistiken und Mittelwerte schon viel Aussagekraft zur Grünflächenverfügbarkeit in europäischen Ländern haben, können trotzdem noch keine eindeutigen Aussagen über die Grünflächenverfügbarkeit in Städten verschiedener Größe und verschiedener Länder getroffen werden. Deshalb und zur Adressierung der Forschungsfragen ist es notwendig das Thema Urban Green mithilfe städtischer Skalierungsgesetze zu analysieren. Dafür wird nun im Folgenden die angewandte Methodik erläutert.

3.2 Methodik

Während der Stadtabgrenzung wurden allen Städten eindeutige ganzzahlige Identifikationsnummern zugewiesen, wodurch gewährleistet wird, dass Städte immer nach denselben Kriterien identifiziert werden können. Die resultierenden Städte ähneln sich dem beispielhaften Ergebnisdatensatz, den Dijkstra & Poelman 2014 zur Verfügung stellen. Dieser Datensatz enthält zusätzlich Stadtname und Land. Mit einer Berechnung von Zentroiden (Mittelpunkte) der Polygone und einer anschließenden räumlichen Vereinigung konnte diese Geocodierung auf den eigenen Datensatz übertragen werden. Folglich wurde die Fläche der Stadtpolygone (Stadtgröße) und die Bevölkerungszahl mithilfe Zonenstatistik (vgl. Kap. 3.2.3) aus dem Polygondatensatz und dem Bevölkerungsraster berechnet. Der Stadt Datensatz enthält somit neben der Geometrie der Städte die Attribute Land, Stadtname, Stadtfläche sowie Stadtbevölkerung.

In folgender Abbildung 13 ist die durchgeführte Methodik zur Grünflächen- und Erreichbarkeitsanalyse in Form eines Flussdiagrammes zusammengefasst. Nach der Datenvorverarbeitung wurden die relevanten Grünklassen aus den Urban Atlas und WorldCover Daten extrahiert und auf die Stadtgebiete zugeschnitten. Daraus resultierend konnte die Ausdehnung der Grünfläche pro Stadt berechnet werden. Für die Grünflächenpolygone der Landnutzungsdaten (Urban Atlas) wurden anschließend Pufferzonen erstellt. Mithilfe des Bevölkerungsrasters und den Pufferflächen konnte anschließend die Bevölkerung errechnet werden, welche in der Nähe einer Grünfläche wohnt. Die einzelnen Teilschritte dazu werden in den folgenden Kapiteln näher beschrieben.

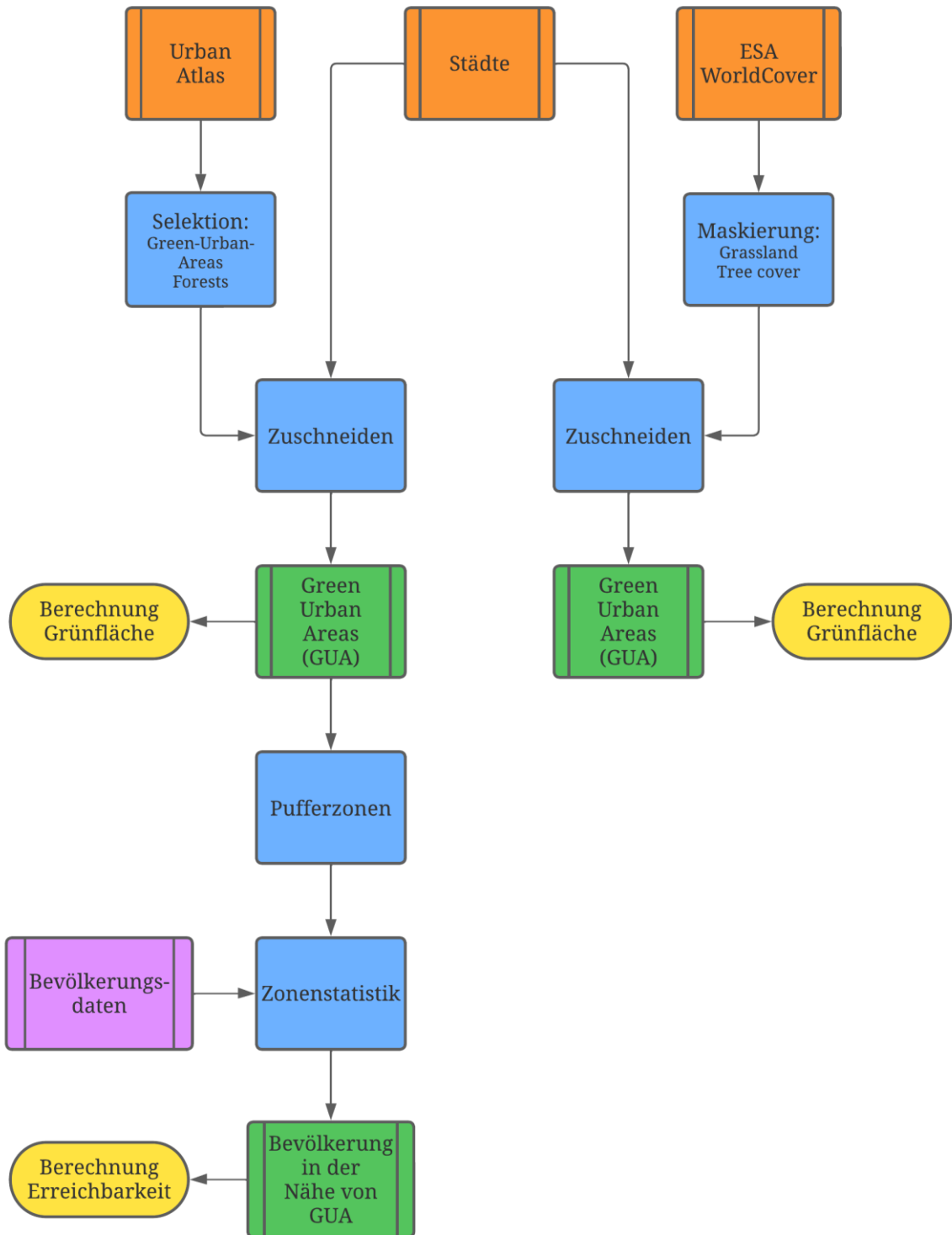


Abb. 13: Zusammenfassung der angewandten Methodik der Grünflächen- und Erreichbarkeitsanalyse.

3.2.1 Die harmonisierte Definition einer Stadt

Aufgrund des in Kapitel 2.4 dargelegten Sachverhaltes wurde im Rahmen dieser Arbeit eine eindeutige Stadtdefinition in Anlehnung an Dijkstra & Poelman 2014 verwendet. Das Konzept wurde von den Autoren gemeinsam mit der Europäischen Kommission und der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) erstellt. Dadurch ist es optimal für globale, aber auch vor allem europäische Städte anwendbar und durch eine ausführliche Dokumentation leicht reproduzierbar. Das Konzept von Dijkstra & Poelman 2014 beruht auf einem Algorithmus, welcher Städte iterativ auf Basis eines Bevölkerungsrasters bildet. Dabei werden Pixelzellen über einem definiertem Einwohnerschwellwert zu Städten aggregiert und nur jene Städte übernommen, welche eine Mindestgesamtpopulation überschreiten. Der Algorithmus der Stadtbildung basiert lediglich auf einem 1 km² Bevölkerungsraster und der Klassifikation durch Bevölkerungsdichten und Mindesteinwohnerzahlen. Dadurch, dass mittlerweile globale Bevölkerungsraster frei zugänglich zur Verfügung stehen, lässt sich dieser Ansatz weltweit durchführen. Zusätzlich stellt er sicher, dass Städte immer nach den gleichen Kriterien gebildet werden. Für diese Arbeit wurde der Bevölkerungsraster des Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission verwendet. Der Global Human Settlement Population Grid (GHSL-POP) wurde mit Bevölkerungsdaten aus dem Jahr 2015 erstellt und 2019 revidiert. Er ist in einer Auflösung von einem Quadratkilometer oder 250 m² global verfügbar.

Folgende Ausführungen sind in Abbildung 14 visualisiert. Die Grundlage des Stadtbildungsalgorithmus ist ein Bevölkerungsraster mit der Auflösung von einem Quadratkilometer (1). Im ersten Schritt werden alle Pixelzellen des Bevölkerungsrasters mit einem Wert über 1500 Einwohner pro Quadratkilometer ausgewählt (2). Anschließend werden benachbarte Zellen zu einem Cluster vereint und als urbane Zentren identifiziert. Als Nachbarschaftskriterium wird in diesem Schritt die Rook's Nachbarschaft gewählt, bei der lediglich die vier direkt angrenzenden Zellen, und nicht die in der Diagonale liegenden, in Frage kommen. Darauffolgend werden die Lücken im Cluster iterativ gefüllt (3). Dabei wird eine bisherig noch nicht zum Cluster dazugehörige Zelle dann beansprucht, wenn mehr als 5 der umliegenden 8 Zellen der Queens Nachbarschaft schon zu dem jeweiligen Cluster gehören. Zuletzt werden die Cluster auf ihre Gesamtbevölkerungszahl geprüft. Liegt diese unter 50.000 Einwohner wird der Cluster verworfen. Wichtig anzumerken ist, dass während des Stadtbildungsprozesses jeder Stadt eine einzigartige ganzzahlige Identifikationsnummer zugewiesen wurde. Dadurch können sie in darauffolgenden Bearbeitungen immer eindeutig adressiert werden.

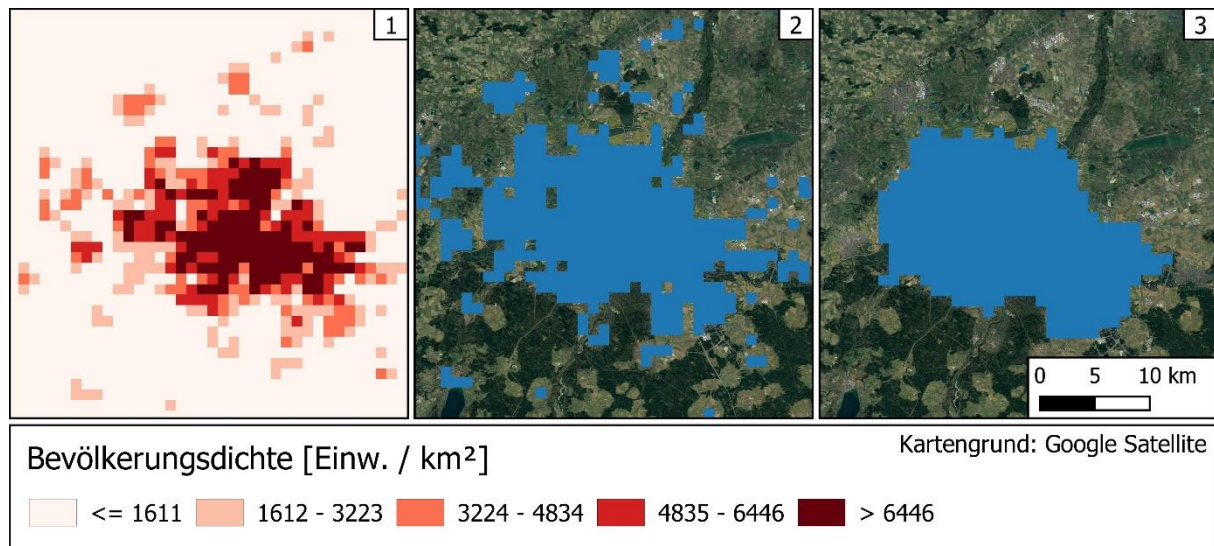


Abb. 14: Stadtbildung nach Dijkstra & Poelman 2014 am Beispiel München. (1) Bevölkerungsdichte aus GHSL-Pop. (2) Pixel über 1.500 Einwohner pro km². (3) Stadtkern mit über 50.000 Mindestbevölkerung. Die Klassifikation der Bevölkerungsdichte wurde nach Quintilen (gleichverteilte Klassengröße) gewählt.

Durch die Anwendung dieses Algorithmus wurden insgesamt 510 Städte in den Ländern Deutschland (84), Frankreich (68), Italien (91), Österreich (6), Spanien (64), Schweden (12), Polen (47) und dem Vereinigten Königreich (138) ermittelt. Dadurch werden Städte mit insgesamt 142,61 Millionen Einwohnern berücksichtigt. Die bevölkerungsschwächste Stadt mit 50.085 Einwohnern ist demnach Canterbury im Vereinigten Königreich, während sich die nach der Ausdehnung kleinste Stadt Altamura mit etwa 7 km² im Süden Italiens befindet. Die einwohnerstärkste Stadt im Untersuchungsgebiet ist Paris mit etwa 9,67 Millionen Einwohnern, dicht gefolgt von London mit 9,60 Millionen Einwohnern. Flächenmäßig überragt London mit 1866 km² die Stadt Paris mit 1608 km². Eine genaue Tabelle der identifizierten Städte ist im Anhang zu finden.

Anzumerken ist, dass sich die erstellten harmonisierten Stadtgrenzen wie in folgender Abbildung 15 ersichtlich stark von den administrativen Grenzen unterscheiden. In Wien wird beispielsweise in der errechneten Stadt im Westen der Wienerwald, sowie das Naturschutzgebiet Lobau im Osten der Stadt, nicht mehr zum Stadtgebiet dazugezählt. Dafür werden die bevölkerungsreichen südlichen Gebiete rund um Mödling und Wiener Neudorf ins Stadtgebiet miteingenommen. Besonders stark unterscheiden sich die beiden verschiedenen Stadtdefinitionen in Paris. Nach administrativer Sicht würden hier lediglich die 20 Arrondissements zum Stadtgebiet zählen. Der dicht besiedelte Großraum Paris wird jedoch bei der harmonisierten Definition mitberücksichtigt. Auch in Barcelona erscheint der Stadtraum nach der harmonisierten Definition wesentlich größer als die administrative Einheit. Die dicht

besiedelten Vororte nördlich des Berges Tibidabo, wie Terrassa oder Sabadell sind wichtige funktionale Elemente der Stadt und werden in der Analyse mitberücksichtigt. Auch die Küstenregionen Richtung Südwesten und Nordosten gelten als Pendlereinzugsgebiete und können daher ins Stadtgebiet Barcelona mit eingerechnet werden. Das Gegenteil ist die österreichische Kleinstadt Graz, bei der die administrative Grenzziehung größer als die harmonisierte Definition ausfällt. In der harmonisierten Definition fällt der Bereich um den Berg Plabutsch und große Teile der dünn besiedelten Stadtviertel Mariatrost und Ries weg.

Durch die neue Stadtdefinition treten folgend auch erhebliche Differenzen in der Stadtgröße, Bevölkerungszahl und vor allem in der Bevölkerungsdichte auf. In Tabelle 5 sind diese Beobachtungen für die oben erwähnten Städte beispielhaft zusammengefasst.

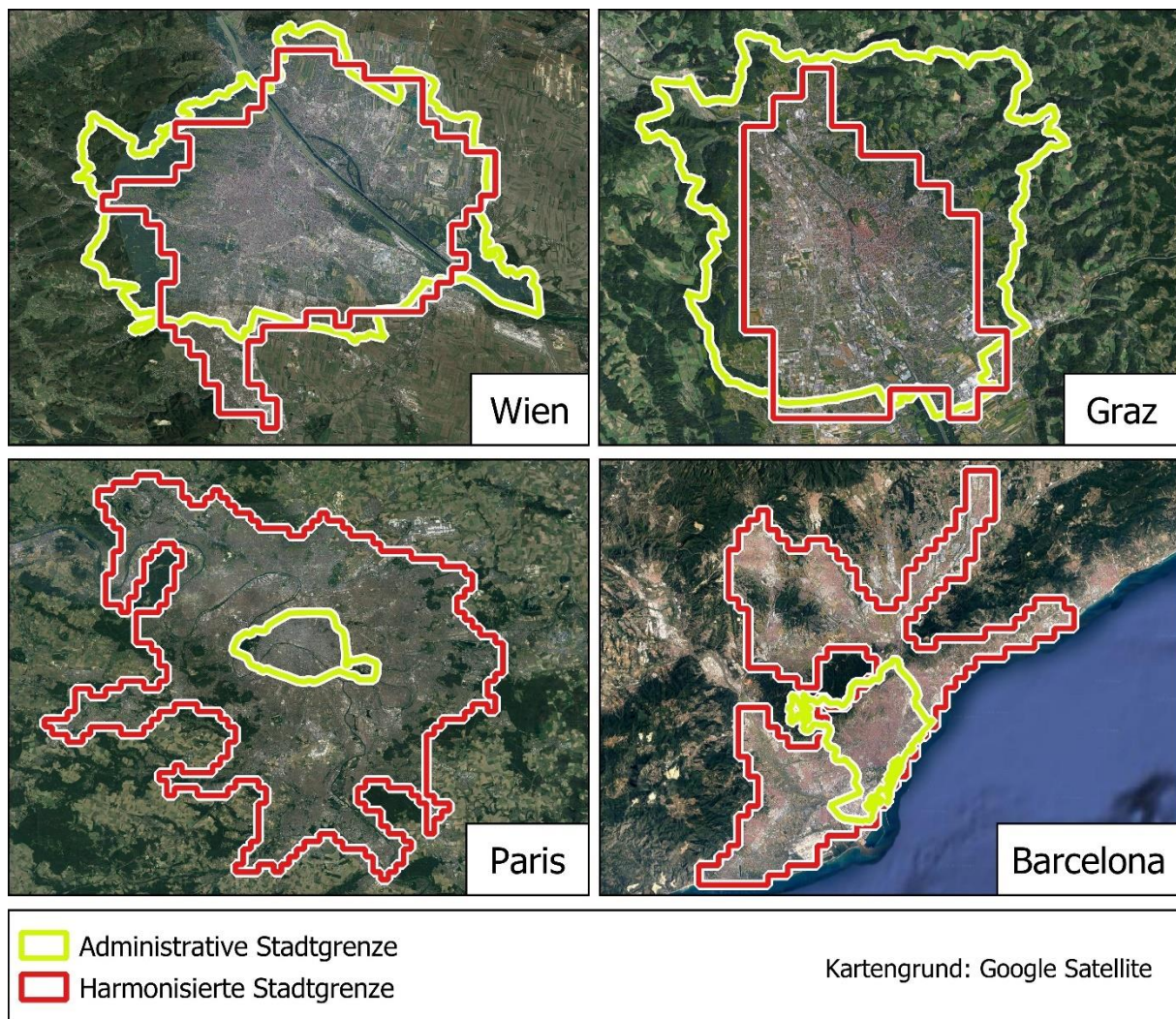


Abb. 15: Unterschied zwischen der harmonisierten und administrativen Stadtdefinition am Beispiel Wien, Graz, Paris und Barcelona.

Tab. 5: Statistische Unterschiede der harmonisierten und administrativen Stadtdefinition am Beispiel Wien, Graz, Paris und Barcelona. Quellen: ^[1]barcelona.de 2016, ^[2]Datacommons.org 2022a, ^[3]Stadt Graz 2021, ^[4]WIBIS-Steiermark 2021, ^[5]Britannica.com 2022, ^[6]Datacommons.org 2022b, ^[7]Stadt Wien 2021a, ^[8]Stadt Wien 2021b.

Stadt	Fläche Adm. [km ²]	Fläche Harm. [km ²]	Bevölkerung Adm. 2015	Bevölkerung Harm. 2015	Dichte Adm. [Einw/km ²]	Dichte Harm. [Einw/km ²]
Barcelona	102,15 ^[1]	553,53	1.604.555 ^[2]	3.821.100	15.707,8	6.903,15
Graz	127,58 ^[3]	73,03	274.207 ^[4]	261.405	2.149,29	3.579,42
Paris	105 ^[5]	1.608,42	2.206.488 ^[6]	9.668.742	21.014,17	6.011,33
Wien	414,9 ^[7]	349,25	1.797.337 ^[8]	1.809.002	4.331,98	5.179,68

Die Städte nach administrativen Grenzen unterscheiden sich demnach stark von den mithilfe des verwendeten Stadtbildungsalgorithmus erstellten Städten. Durch die Verwendung einer einheitlichen Definition wird aber sichergestellt, dass Städte immer und überall nach denselben Kriterien betrachtet werden und ermöglichen somit ein zueinander objektives Analyseergebnis.

3.2.2 Bestimmung der Grünflächen

Für die Ermittlung der Ausdehnung der Grünflächen in europäischen Städten mithilfe Urban Atlas Daten wurden zunächst aus dem gesamten Datensatz alle Polygone der Klassen *14100 Green Urban Areas* und *31000 Forests* extrahiert und miteinander vereinigt. Anschließend wurde der resultierende Datensatz auf die Geometrien der Stadtpolygone zugeschnitten. Mithilfe einer räumlichen Vereinigung wurden die Identifikationsnummern der Städte auf die Grünflächenpolygone übertragen. Dadurch konnten Grünflächenpolygone, welche derselben Stadt angehören und dadurch dieselbe Identifikationsnummer aufwiesen wiederum als zusammengehörig umgewandelt werden. Als Ergebnis entstand ein pro Stadt und Identifikationsnummer vereinigter Verbund von Grünflächenpolygonen, mit den Attributen Stadtname, Land, Stadtfläche und Stadtbevölkerung. Aus diesen Eigenschaften konnte schlussendlich die Summe der Grünflächenausdehnungen pro Stadt errechnet werden. Diese Summe wurde mithilfe der Identifikationsnummer auf den ursprünglichen Stadtdatensatz übertragen und abgespeichert. Ein beispielhafter Auszug wird dafür in folgender Abbildung 16 visualisiert. Die Grünflächen der drei dicht aneinander gelegenen Städte Düsseldorf, Wuppertal und Remscheid im deutschen Ruhrgebiet werden dabei in Farben getrennt präsentiert.

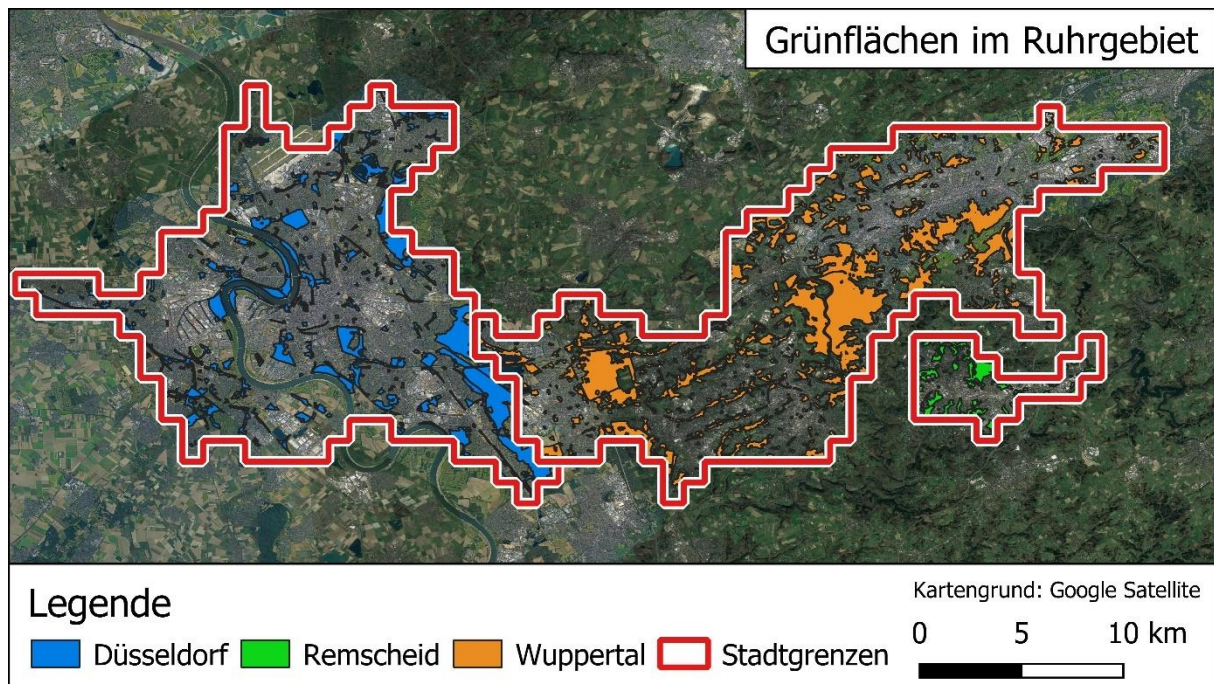


Abb. 16: Grünflächen aus dem European Urban Atlas beispielhaft dargestellt im Ruhrgebiet, Deutschland.

Darüber hinaus wurden Polygone aufgrund ihrer Größe gefiltert. Dafür wurden Mindestgrößen von 0 bis 20 Hektar in einem 1 Hektar Inkrement, sowie zusätzlich 25 und 30 Hektar verwendet. Aufgrund der hohen Kartierungsgenauigkeit sind viele zusammengehörige Grünflächen durch Straßen oder Wege getrennt und dadurch auch als nicht zusammenhängend im Datensatz dargestellt. Dadurch würde das Ergebnis bei einer Größenanalyse und auch bei einer Selektion in Mindestgrößen verfälscht werden, da eine Grünfläche als verbunden betrachtet werden kann, auch wenn sie durch eine kleine Straße oder einem Weg räumlich getrennt wird. Aus diesem Grund wurde ein Distanzkriterium definiert, wodurch Lücken von bis zu 10 Metern zwischen 2 Grünflächen ignoriert werden und diese Grünflächen zu einer großen Grünfläche vereinigt werden.

Der ESA-WorldCover Datensatz wird nur im Rasterformat zur Verfügung gestellt, wurde jedoch auf ähnliche Weise bearbeitet. Auch hier mussten die Grünflächen aus dem Datensatz extrahiert und auf die Stadtgrenzen zugeschnitten werden. Wie in Abbildung 17 ersichtlich, konnten die Grünflächenanteile innerhalb der Stadtgebiete nach einer Maskierung und dem Zuschneiden der Szenen berechnet werden.

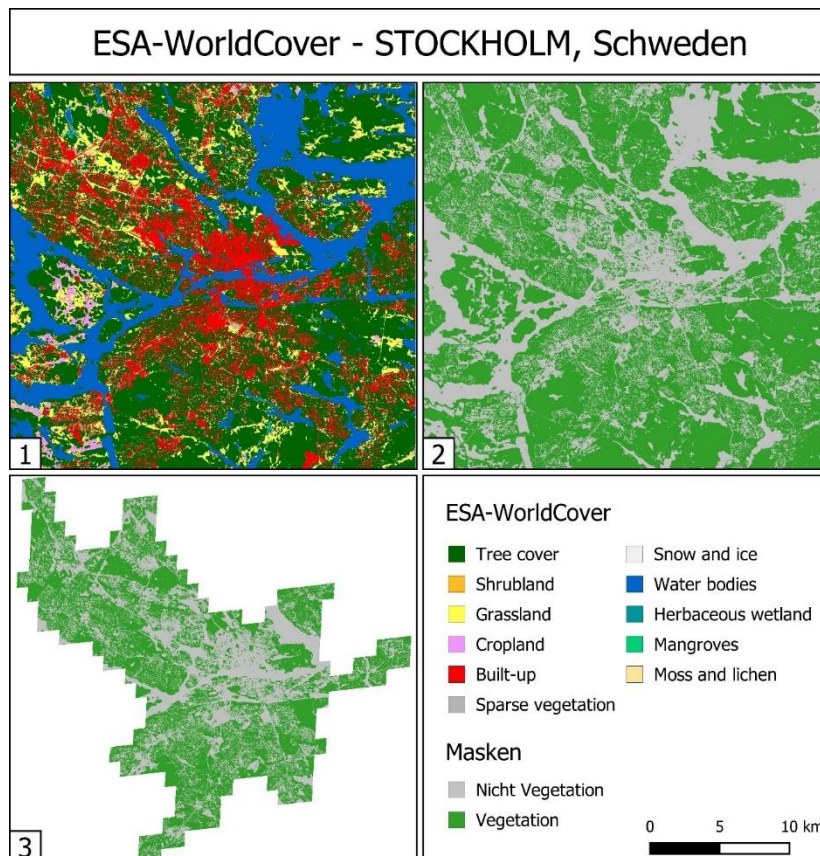


Abb. 17: Grünflächenermittlung mit ESA-WorldCover Daten am Beispiel Stockholm, Schweden. Die Landbedeckungsklassifikation (1) wird zunächst in Vegetation und Nicht-Vegetation maskiert (2). Abschließend wird die rechteckige Szene auf das Stadtgebiet zugeschnitten (3).

3.2.3 Bestimmung der Erreichbarkeit

Als Erreichbarkeitsmaß wurde, wie in Kapitel 2.2 erläutert, die Menschenmenge berechnet, welche in einer gewissen Umgebung zu einer Grünfläche wohnt. Für die Berechnung der Grünflächenerreichbarkeit der städtischen Bevölkerung wurden daher Distanzanalysen durchgeführt. Da aus Landbedeckungsdaten die Zugänglichkeit nicht berechnet werden kann wurden hierfür ausschließlich die Urban Atlas Daten verwendet. Als Distanzmaße wurden Umkreise (sog. Puffer) zu Grünflächen erstellt. Wie in Kapitel 2.2 erwähnt, ist diese Distanz nicht eindeutig definierbar, weswegen eine Pufferzonenerstellung mit variabler Distanz implementiert wurde. Als mögliche maximale Gehdistanzen wurden 100, 300, 500, 700 und 900 Meter gewählt. Dieser Zugang wird im Folgenden als statischer Ansatz bezeichnet.

Zusätzlich wurde jedoch auch noch ein dynamisch linearer Zugang implementiert, bei dem sich die Pufferdistanz selbstständig nach der Größe der jeweiligen Grünfläche anpasst. Dafür wurden alle Grünflächen der gesamten Datenmenge der Größe nach sortiert und in Quintile klassifiziert. Die kleinste Grünfläche erhält darauf eine Pufferdistanz von 0 Metern, während für alle Grünflächen mit einer Größe über dem 80% Perzentil die maximale Pufferdistanz

angewandt wird. Dazwischen wird die Distanz linear verlaufend nach einer *Least-Squares* Gleichung aus zwei Punkten angepasst. Je größer eine Grünfläche ist, desto größer ist daher auch der Erreichbarkeitsradius. Für die Maximaldistanzen wurden wie beim statischen Zugang 100, 300, 500, 700 und 900 Meter gewählt. Auch hier konnte der gewählte Algorithmus mittels einer Schleife zusätzlich zu den Mindestgrößen über die verschiedenen Distanzen iterieren und die Ergebnisse dazu selbständig ausgeben.

Der Unterschied zwischen der statischen und der dynamischen Distanzanalyse ist in folgender Abbildung 18 am Beispiel der Stadt Wien ersichtlich. Im linken Teil der Karte wurden fixe 300 Meter Pufferzonen erstellt und verwendet, während im rechten Teil dynamische lineare Pufferzonen mit dem Maximalwert 300 Meter, je nach Grünflächengröße gewählt wurden. Dadurch werden beim rechten Teil insgesamt viel weniger große Puffer erstellt, da den sehr kleinen Grünflächen nicht dieselbe Bedeutung wie z.B. den großen Stadtparks zugesprochen werden. Deshalb werden im Folgenden bei der dynamischen Erreichbarkeitsanalyse erheblich weniger Menschen berücksichtigt.

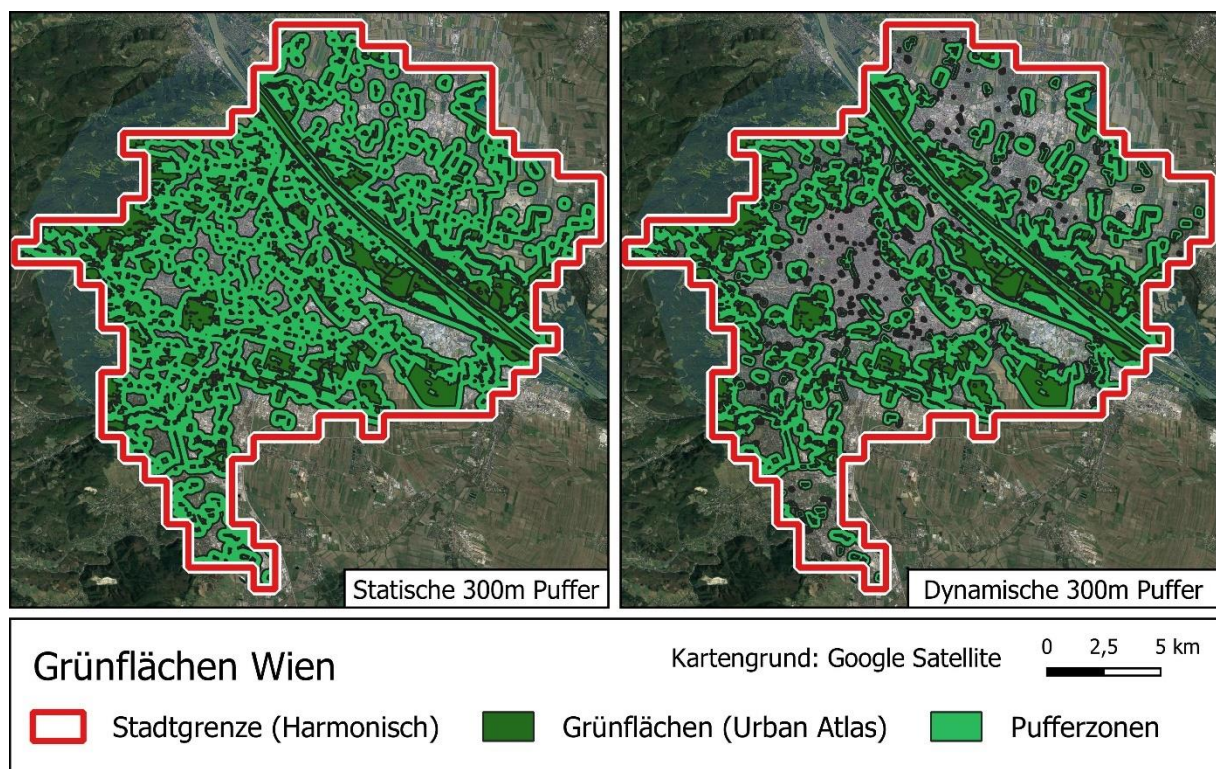


Abb. 18: Unterschied zwischen statisch und dynamisch implementierten 300m Pufferzonen am Beispiel Wien, Österreich.

Schlussendlich wurden die erstellten Pufferzonen noch einmal auf die Stadtgebiete zugeschnitten, da sich am Rande der Stadt befindende Grünflächenpuffer sonst über das Stadtgebiet erstrecken. Dadurch würde die Bevölkerung außerhalb der Stadtgebiete inkludiert werden.

Nach dieser eben beschriebenen Distanzanalyse und den erstellten Pufferflächen konnte mithilfe des Bevölkerungsrasters die Einwohneranzahl berechnet werden, welche in diesen Pufferzonen ihren Wohnsitz hat. Als Werkzeug wurde dafür die Zonenstatistik verwendet, einem Teilgebiet der *Map Algebra* (Tomlin 1994). *Map Algebra* ist ein allgemeiner Verbund von Konventionen, Fähigkeiten und Techniken, die sich für die Verwendung mit GIS durchgesetzt haben. Als Zonenstatistik wird der Vorgang verstanden, bei dem Statistiken für Zellenwerte eines Rasters (Wertlayer) in Zonen oder Gebieten eines anderen Rasters oder Vektors (Zonenlayer) berechnet werden. Es kann also bestimmt werden, welche Statistiken von einem Layer in Gebieten eines anderen Layer berechnet werden sollen. Dieses Konzept wurde für die Erreichbarkeitsanalyse angewendet. Die Grünflächenpuffer dienten als Zonenlayer, während in dem darunterliegenden Bevölkerungsraster (Wertlayer) die Summe der Einwohner in diesen Gebieten berechnet wurden.

Um dieses Konzept methodisch durchzuführen, mussten die Grünflächenpolygone zunächst gerastert werden. Dafür wurde eine geometrische Auflösung von 10 x 10 Meter gewählt. Die Rasterung erfolgte mit der Erstellung von Masken, in der urbane Grünflächen der Wert 1 und die übrigen Landnutzungsarten den Wert 0 erhielten. Pixel außerhalb der Stadtgebiete wurden mit dem Wert -1 ausmaskiert. Anschließend musste der Bevölkerungsraster von 250 x 250 Meter auf dieselbe Auflösung des Grünflächenrasters disaggregiert werden. Dafür wurde auch darauf geachtet, die Zellwerte (Einwohnerzahl) dementsprechend mitzuskalieren. Abschließend wurde eine Funktion erstellt, welche pro Stadt die Summe der Bevölkerung in der Nähe einer urbanen Grünfläche berechnet und ausgibt.

Da in den erläuterten Schritten eine Menge an Daten erstellt werden musste, wurden Daten nur zwischengespeichert und anschließend wieder überschrieben. Nach dem Abschluss des Skriptes wurden lediglich Endergebnisse gespeichert. Mit diesen Endergebnissen (Stadtbevölkerung, Grünflächenausdehnung und Bevölkerung in der Nähe von Grünfläche) sind alle Bestimmungsstücke für die notwendige Skalenanalyse errechnet worden. Diese wird im Weiteren genauer erläutert.

3.2.4 Bestimmung der Scale-Koeffizienten

Nachdem alle Beobachtungsgrößen bestimmt worden sind, konnten die Scale-Koeffizienten (β) nach Bettencourt errechnet werden. Methodisch liegt dies folgendem mathematischen Schluss zugrunde. Ausgegangen wird von der schon erwähnten exponentiellen Grundgleichung:

$$Y(t) = Y_o \cdot N(t)^\beta$$

Wird dieses exponentielle Wachstum logarithmiert entsteht daraus folgender Zusammenhang:

$$\log Y(t) = \log Y_o + \beta * \log N(t)$$

Diese Umformung ist äquivalent zur linearen Geradengleichung aus Steigung k und Schnitt mit der Y-Achse, dem sogenannten Ordinatenabschnitt d :

$$y = k * x + d$$

Oder:

$$y = d + x * k$$

Werden also beispielsweise die ermittelten Beobachtungen Bevölkerung und Grünfläche aller Städte logarithmiert und die Regressionsgerade dieser Beziehung berechnet, entspricht die Steigung x der Regressionsgeraden dem β des exponentiellen Wachstums und der Schnitt mit der Y-Achse d dem Normalisierungsparameter Y_o der exponentiellen Wachstumsgleichung.

Der Scale-Koeffizient wurde also mittels einer *Ordinary-Least-Squares* (OLS) Regression von doppelt logarithmischen Beziehungen ermittelt. Die OLS Regression gilt als eine der bekanntesten Regressionstechniken, bei der neben dem Konfidenzintervall auch noch das Gütekriterium R^2 berechnet wird. Das Konfidenzintervall gibt Auskunft über den Bereich, in dem sich eine Zufallsvariable des statistischen Modelles zu einer gewissen Wahrscheinlichkeit befindet. Ein übliches Intervall ist dabei das 95% Konfidenzintervall. Das R^2 gibt über den erklärten Anteil der Varianz einer abhängigen Variable Auskunft. Je näher R^2 bei 1 liegt, desto besser wird das statistische Modell durch die Regressionsgerade beschrieben.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Skalenbeziehungen zwischen Bevölkerung und Grünflächenparameter für insgesamt 510 Städte in 8 europäischen Ländern bestimmt. Aus Daten des European Urban Atlas und der ESA-WorldCover wurde die Ausdehnung der Grünfläche bei 23 verschiedenen Mindestgrößen errechnet. Für Urban Atlas Daten wurde zusätzlich die Grünflächenerreichbarkeit bei 5 unterschiedlichen Gehdistanzen ermittelt. Außerdem wurde bei der Grünflächenerreichbarkeit ein dynamischer Zugang bei denselben Mindestgrößen und maximalen Pufferdistanzen implementiert.

Dadurch entstanden für die Skalenkoeffizienten der Grünflächenausdehnung 24 Ergebnisse (23 Urban Atlas und 1 ESA-WorldCover) und für die Grünflächenerreichbarkeit 230 Ergebnisse (23 Mindestgrößen x 5 statische Puffer und 23 Mindestgrößen x 5 dynamische Puffer). Diese insgesamt 254 Ergebnisse werden nun im Folgenden übersichtlich zusammengefasst.

4 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die zentralen Ergebnisse präsentiert. Dafür werden Skalenplots der Grünflächenausdehnung und Erreichbarkeit (300 Meter und 500 Meter) ohne Mindestgröße dargestellt. Außerdem wurde ein Gerechtigkeitsmaß eingeführt, welches sowohl die Grünflächenerreichbarkeit und die Verfügbarkeit berücksichtigt. Auch die Abhängigkeit des Beta Koeffizienten von den Parametern Grünflächenmindestgröße und Maximalgehdistanz wird abgebildet.

4.1 Bevölkerung und Stadtfläche

In folgender Abbildung 19 sind Bevölkerung und Stadtfläche der nach Dijkstra und Poelman 2014 gebildeten Städte gegenübergestellt. Dadurch wird vermittelt, inwiefern Städte bei steigender Bevölkerungszahl auch in ihrer Fläche wachsen.

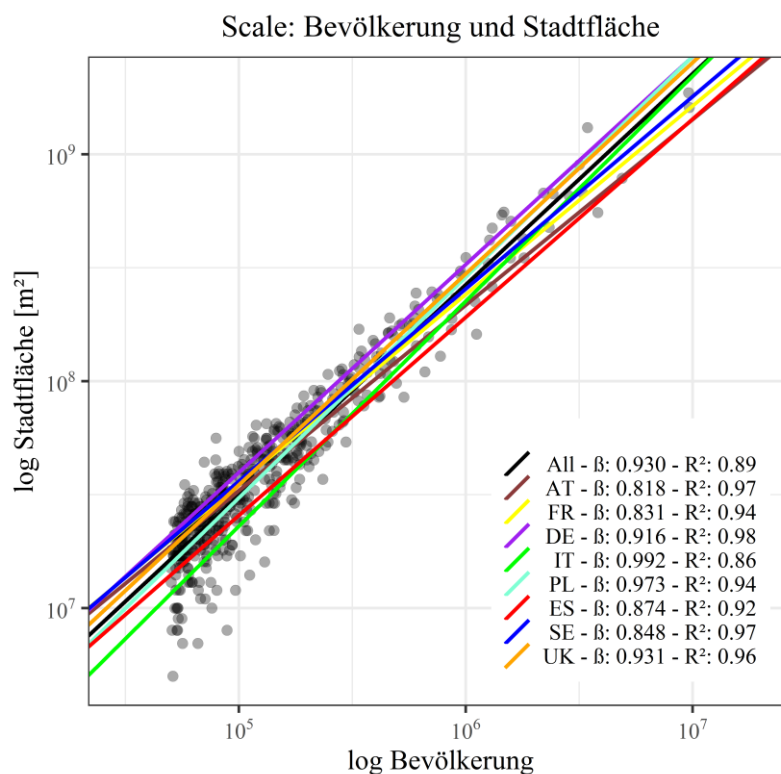


Abb. 19: Skalenbeziehung Bevölkerung und Stadtfläche.

Auf den Achsen des Koordinatensystems sind jeweils die dekadischen Logarithmen der Beobachtungsgrößen aufgetragen. Die farbigen Linien repräsentieren die Regressionsgeraden. Am rechten unteren Rand der Grafik befinden sich neben der Farblegende die dazugehörigen

Beta-Koeffizienten, sowie das jeweilige Gütekriterium R^2 . Auffällig ist hierbei, dass bis auf in Italien sublineare Skalierungen zu beobachten sind. Auch das Bestimmtheitsmaß R^2 ist bei allen Ländern sehr hoch und nahe bei 1. Die Regressionsgeraden passen sich daher in hohem Maß an die Daten an. Das bedeutet, dass größere Städte im Verhältnis zu kleineren Städten ihrer Bevölkerung weniger Platz zur Verfügung stellen. Zwei kleine gleich große Städte sind daher bevölkerungsärmer als eine flächenmäßig doppelt so große Stadt. Städte werden also mit zunehmender Größe dichter. Es sollte daher bei der Interpretation der Grünflächenanalyseergebnisse berücksichtigt werden, dass grundsätzlich größere Städte dichter sind und mehr Menschen insgesamt weniger Fläche zur Verfügung haben.

4.2 Bevölkerung und Grünfläche

In folgender Abbildung 20 werden die Skalenmodelle der verfügbaren Grünfläche für die Bevölkerung in Abhängigkeit der Stadtgröße visualisiert. Dafür werden jeweils die zwei verschiedenen Datenquellen, European Urban Atlas und ESA-WorldCover ohne definierte Grünflächenmindestgröße verglichen.

Neben dem Skalenkoeffizienten ist in den folgenden Abbildungen zusätzlich auch die Ordinate von Interesse. Je höher die Regressionsgerade die Y-Achse des Koordinatensystems schneidet, desto mehr Grünflächen werden in diesem Land generell erwartet. Obwohl z.B. Schweden eine sublineare Skalierung aufweist, ist das generelle Niveau an Grünflächenverfügbarkeit über alle Stadtgrößen hoch.

Bei der Landnutzung ist über alle Städte aller Länder bei steigender Bevölkerung ein linearer Anstieg der Grünflächen zu beobachten. Werden die Ergebnisse jedoch für die einzelnen Länder individuell betrachtet treten Differenzen auf. In Spanien, Schweden und Großbritannien wächst die Grünflächenverfügbarkeit nur sublinear mit der Stadtgröße, während in Polen und Italien superlineare Skalierungen zu beobachten sind.

Bei den Landbedeckungsdaten fällt dieser Trend in ein sublineares Skalierungsregime. Nur Polen zeigt ein lineares Wachstum, in Italien herrscht superlineares Wachstum und im Rest der beobachteten Länder stellen größere Städte entsprechend weniger Grünflächen zur Verfügung als kleine Städte. Dieser Zustand wird, durch den in Kapitel 4.1 erläuterten Sachverhalt noch verstärkt, da größere Städte grundsätzlich dichter werden und zusätzlich noch weniger Grünflächen bieten.

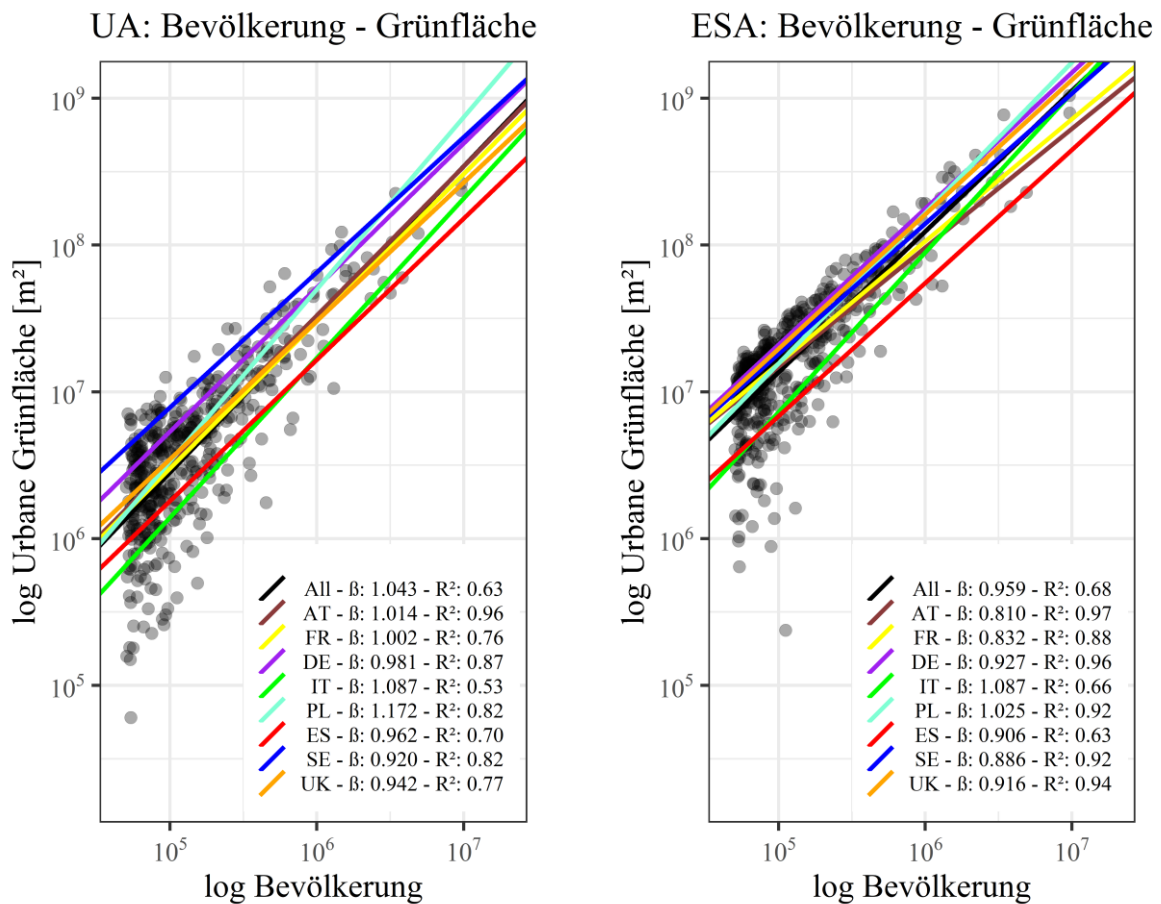


Abb. 20: Skalenbeziehung zwischen Bevölkerung und Grünfläche aus Daten des Urban Atlas und ESA-WorldCover.

Die Ergebnisse geben Auskunft über die Verfügbarkeit von städtischem Grün in europäischen Städten. Mithilfe der Landnutzungsdaten wird die grundsätzliche Nutzbarkeit von Grünflächen für den Menschen bewertet. Bei den Landbedeckungsdaten steht der Nutzen des urbanen Grüns für das städtische Ökosystem im Vordergrund. Für den direkten Grünflächenzugang für die städtische Bevölkerung geben die Ergebnisse der Erreichbarkeit des nächsten Kapitels Auskunft.

4.3 Bevölkerung und Grünflächenerreichbarkeit

In folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der statischen Erreichbarkeit und des Konzeptes der dynamischen Erreichbarkeit visualisiert. Zur Präsentation wurden die Skalenmodelle für 300 und 500 Meter maximale Gehdistanz und ohne einer Grünflächenmindestgröße ausgewählt. Die Variabilität bei Veränderung dieser Parameter wird in Kapitel 4.4 dargestellt. Für die Erreichbarkeit wurden ausschließlich Urban Atlas Daten verwendet (Abbildung 21).

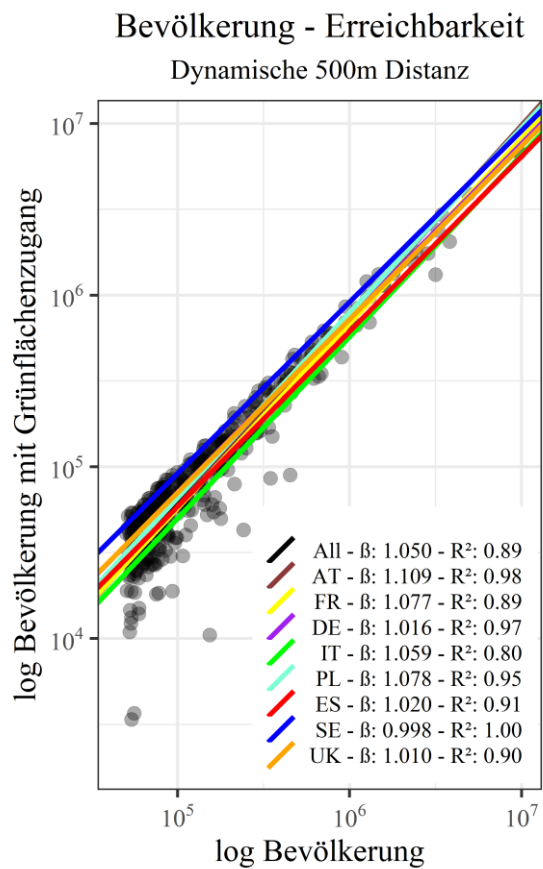
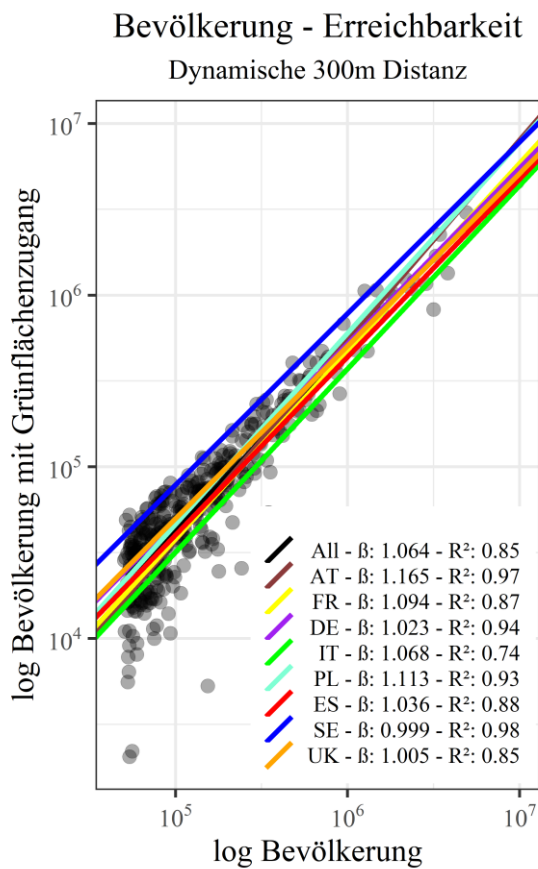
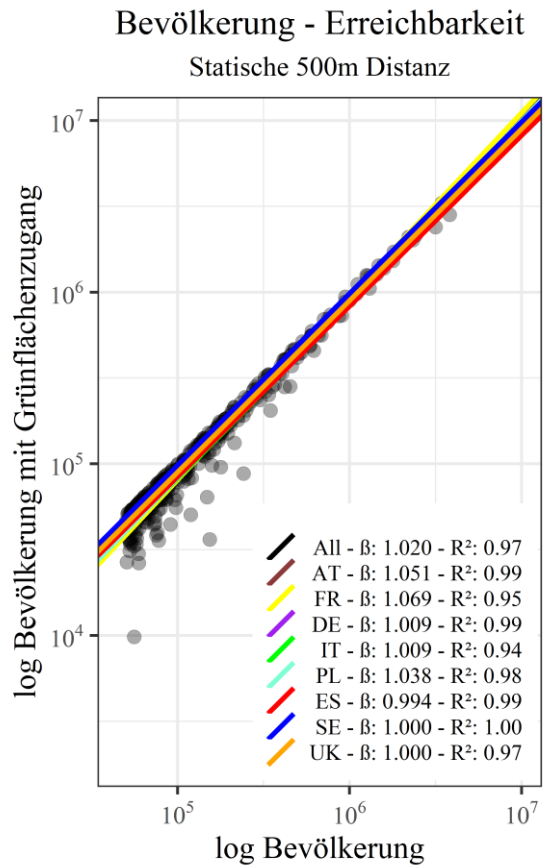
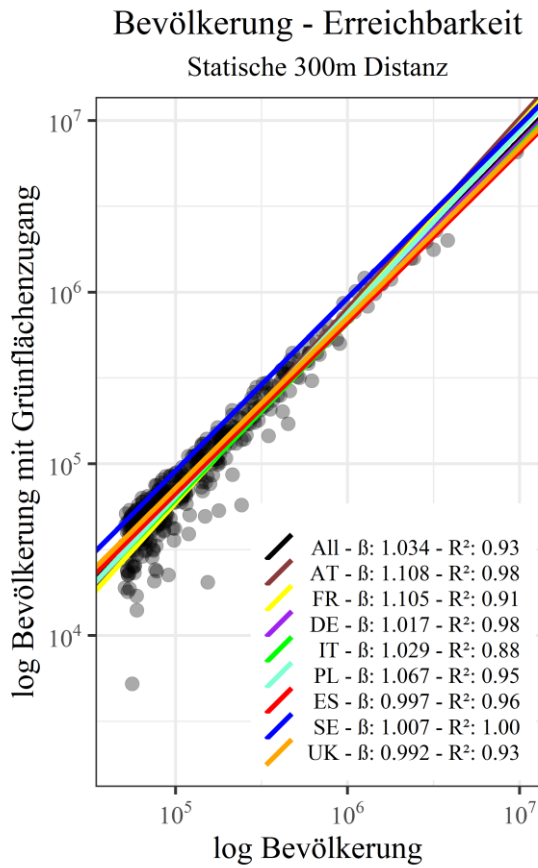


Abb. 21: Skalenmodelle der Grünflächenerreichbarkeit in europäischen Städten aus Urban Atlas Daten (300m und 500m statische und dynamische maximale Gehdistanzen).

Für die statische Betrachtungsweise mit 300 Metern Gehdistanz werden hauptsächlich lineare und teils leicht superlineare (Österreich, Frankreich, Polen) Beziehungen beobachtet. Bei den 500 Meter Gehdistanzen skaliert die Grünflächenerreichbarkeit aller Länder bis auf Österreich linear mit der Stadtgröße. Die hohen Gütekriterien (R^2) sprechen dafür, dass bei einer statischen Betrachtung aufgrund der großen Gehdistanzen der Großteil der Bevölkerung Zugang zu einer Grünfläche hat. Somit wird bei einer Skalenanalyse dieser Großteil der Bevölkerung mit der Gesamtbevölkerung verglichen, woraus fast perfekte ($R^2 \approx 1$) lineare Regressionsmodelle entstehen. Je höher der Distanzradius dabei wird, desto linearer und homogener werden die Ergebnisse.

Die Ergebnisse des dynamisch-linearen Zuganges zeigen vom Wert 1 abweichendere Gütekriterien und die Regressionsgeraden unterscheiden sich deutlicher von der Linearität. In Abbildung 22 wird verdeutlicht, inwiefern die dynamische Distanzanalyse von der Statischen abweicht. Dafür wurden pro Stadt der Anteil der Bevölkerung mit Grünflächenzugang von der Stadtgesamtbevölkerung berechnet. Im Anschluss wurden die Anteile der Größe nach sortiert und als Balken visualisiert.

Bei den statischen 300 Meter Gehdistanzen steigt der Anteil der Menschen mit Grünflächenzugang rasch auf über 50% der Gesamtbevölkerung an und wächst stark zunehmend auf fast 100%. Beim dynamischen Zugang erhalten nur große Grünflächen die maximale Gehdistanz, wodurch dieser Effekt abgeschwächt wird. Der Anteil der Stadtbevölkerung mit Grünflächenzugang klettert nur langsam auf über 50%. Deutlich stärker ist dies an den Unterschieden zwischen statischen und dynamischen Gehdistanzen von 500 Metern ersichtlich.

Durch die dynamische Grünflächenpufferbildung werden also sehr kleinen Grünflächen keine überproportionalen Umkreise zugeschrieben. Da in dieser Arbeit der Fokus hauptsächlich auf nationale Unterschiede und Ungleichgewichte in der Grünflächenerreichbarkeit in europäischen Städten in verschiedenen Größen liegt und die dynamische Methodik die Modelle besser abbildet werden die Ergebnisse der dynamischen Distanzanalyse als plausibler betrachtet.

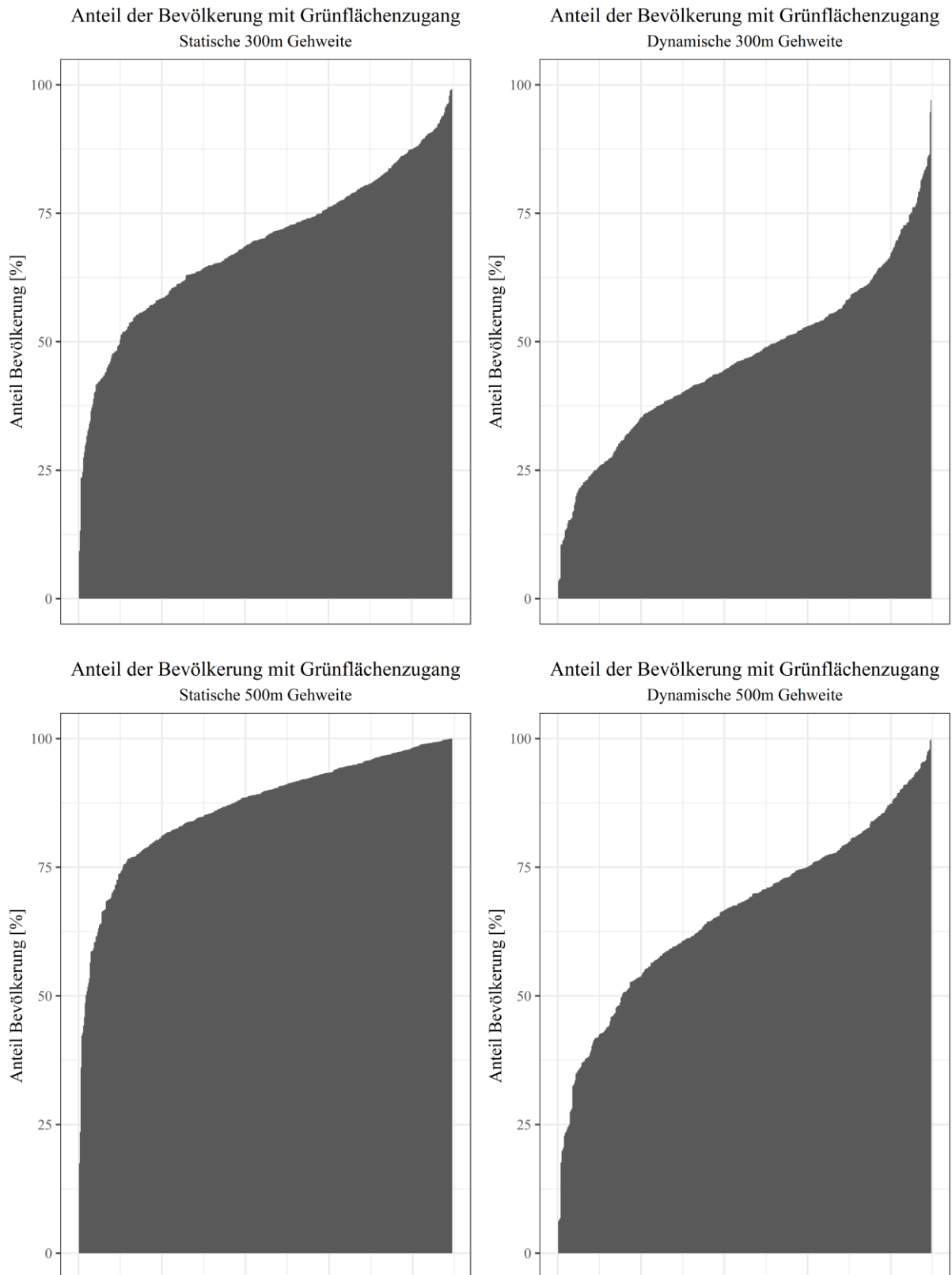


Abb. 22: Anteil der Gesamtstadtbevölkerung pro Stadt mit Wohnsitz innerhalb eines 300 und 500 Meter Radius zu einer Grünfläche. Auf der X-Achse befinden sich die einzelnen Städte als Balkendiagramm (aufsteigend sortiert nach Anteil der Bevölkerung).

Weiters wurde der Stadtbevölkerungsanteil berechnet, welcher im Verhältnis zur Gesamtstadtbevölkerung über Zugang zu einer Grünfläche unmittelbar zum Wohnort verfügt. Dafür wurden 300 und 500 Meter Distanzen des dynamischen Modelles gewählt. Wie in Abbildung 23 ersichtlich, weisen hier schwedische Städte mit Abstand die höchsten Werte auf. In Italien haben deutlich die wenigsten Menschen im internationalen Vergleich direkten Zugang zu einer Grünfläche in ihrer Umgebung. In Österreich, Deutschland und das Vereinigte Königreich werden dabei mittlere Werte beobachtet.

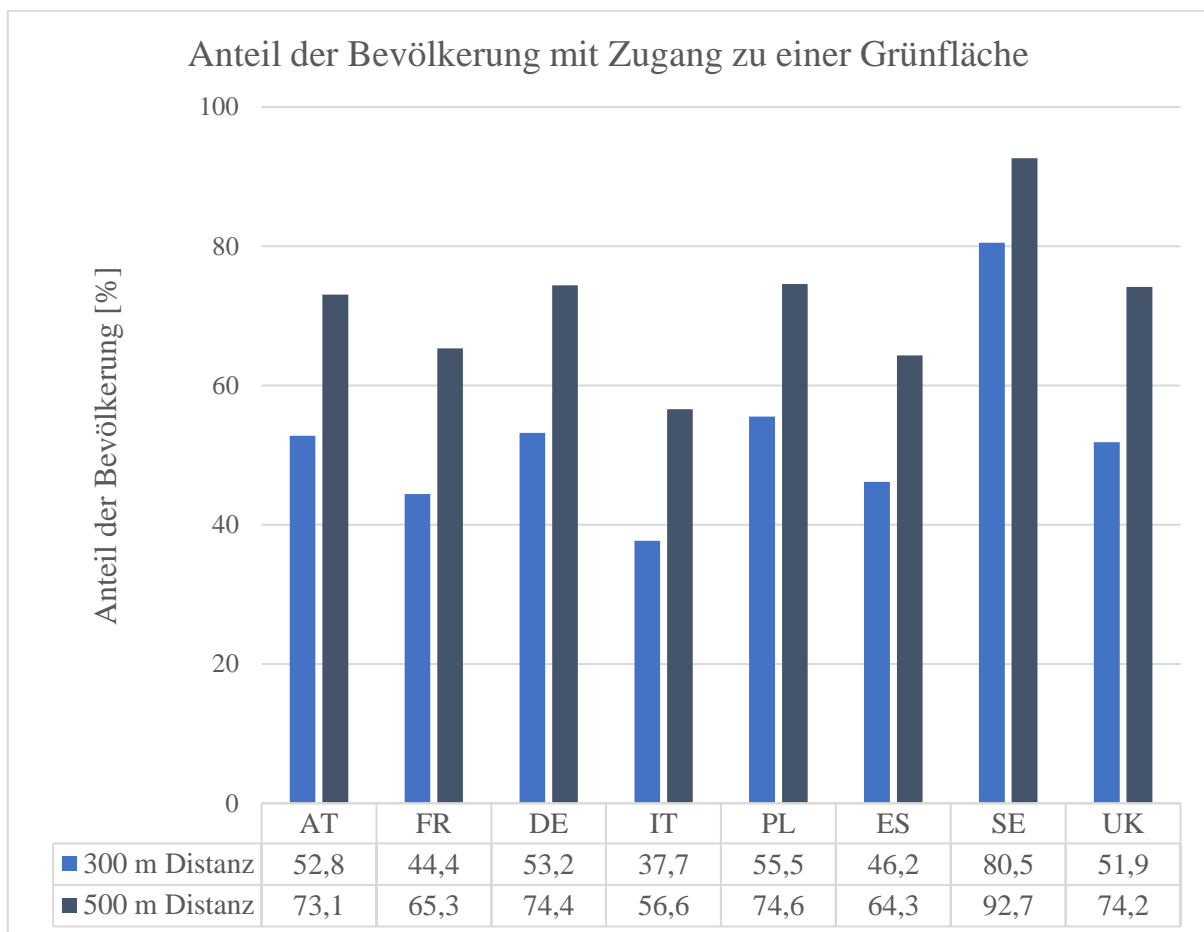


Abb. 23: Anteil der Stadtbevölkerung eines Landes mit unmittelbarem Zugang (dynamisch 300 & 500 m) zu einer Grünfläche an ihrem Wohnort. Dafür wurden die Bevölkerung innerhalb der untersuchten Städte, welche neben einer Grünfläche wohnen der Gesamtbevölkerung der untersuchten Städte gegenübergestellt und der jeweilige Prozentsatz des Landes ermittelt.

4.4 Varianz der Beta-Koeffizienten

Aus verschiedenen Grünflächenmindestgrößen und Gehdistanzen resultieren stark unterschiedliche Skalenkoeffizienten. Um dies zu verdeutlichen, wurden für sämtliche Konstellationen Skalenmodelle berechnet. Im Folgenden werden die unterschiedlichen Skalierungen der Grünflächenverfügbarkeit aus Landnutzungsdaten in europäischen Städten bei verschiedenen Grünflächenmindestgrößen visualisiert.

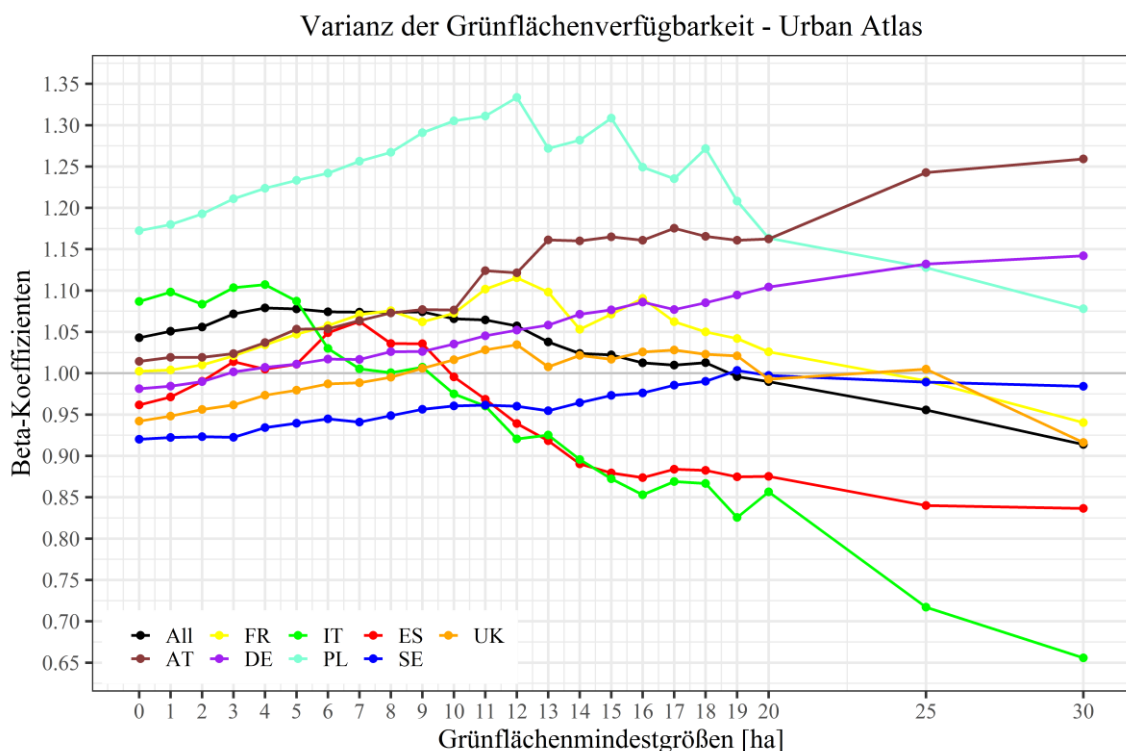


Abb. 24: Skalenkoeffizienten der Grünflächenverfügbarkeit bei steigender Mindestgröße in europäischen Städten.

Wie in Abbildung 24 ersichtlich, schwankt der Grünflächenverfügbarkeits-Beta-Koeffizient des Skalenmodells in Abhängigkeit der Mindestgröße stark. Besonders betroffen ist dabei Italien, welches bei kleiner Mindestgröße superlinear skaliert und mit steigender Mindestgröße in ein sublineares Wachstum abfällt. Auch gegenteilige Entwicklungen, von linearem Wachstum bis superlineares Wachstum bei steigender Mindestgröße sind zu beobachten (Deutschland, Österreich).

Dieselben Abbildungen wurden für die Grünflächenreichbarkeit realisiert. Aus der Datenmenge von 100, 300, 500, 700 und 900 Meter maximale Gehdistanz wurden für die Visualisierung 300 Meter und 500 Meter für den statischen und dynamischen Distanzbildungen ausgewählt.

Varianz der Grünflächenerreichbarkeit bei 300m (Statisch) - Urban Atlas

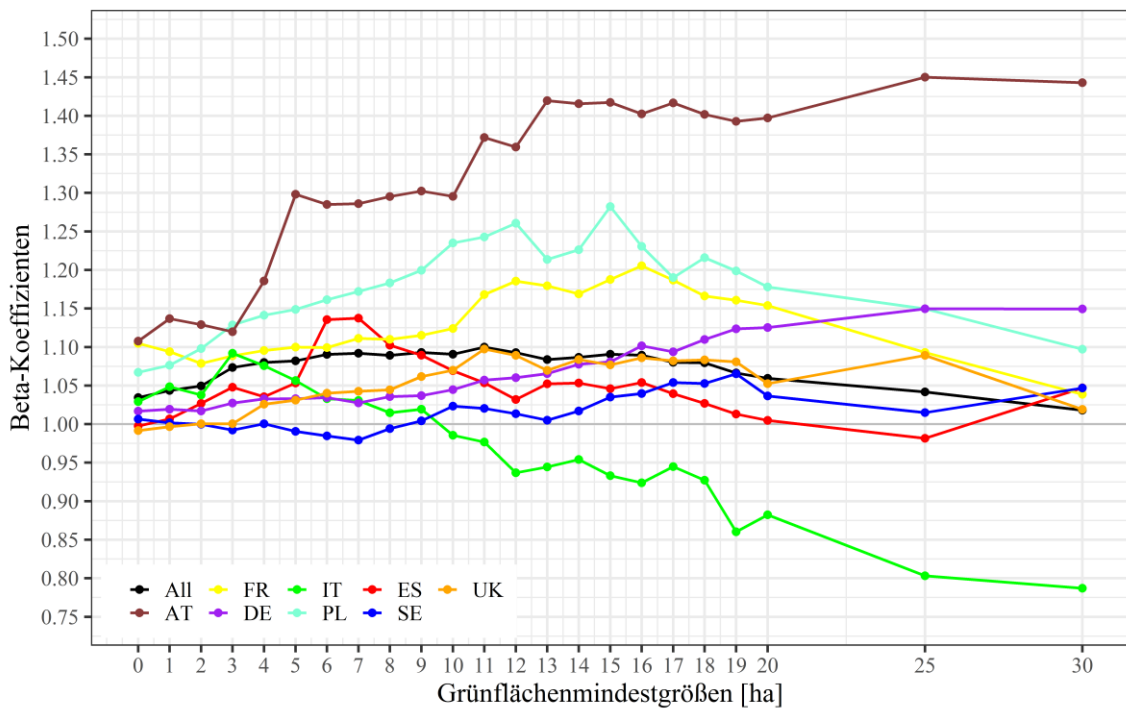


Abb. 25: Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei statischen 300m Gehdistanzen und steigender Mindestgröße.

Varianz der Grünflächenerreichbarkeit bei 300m (Dynamisch) - Urban Atlas

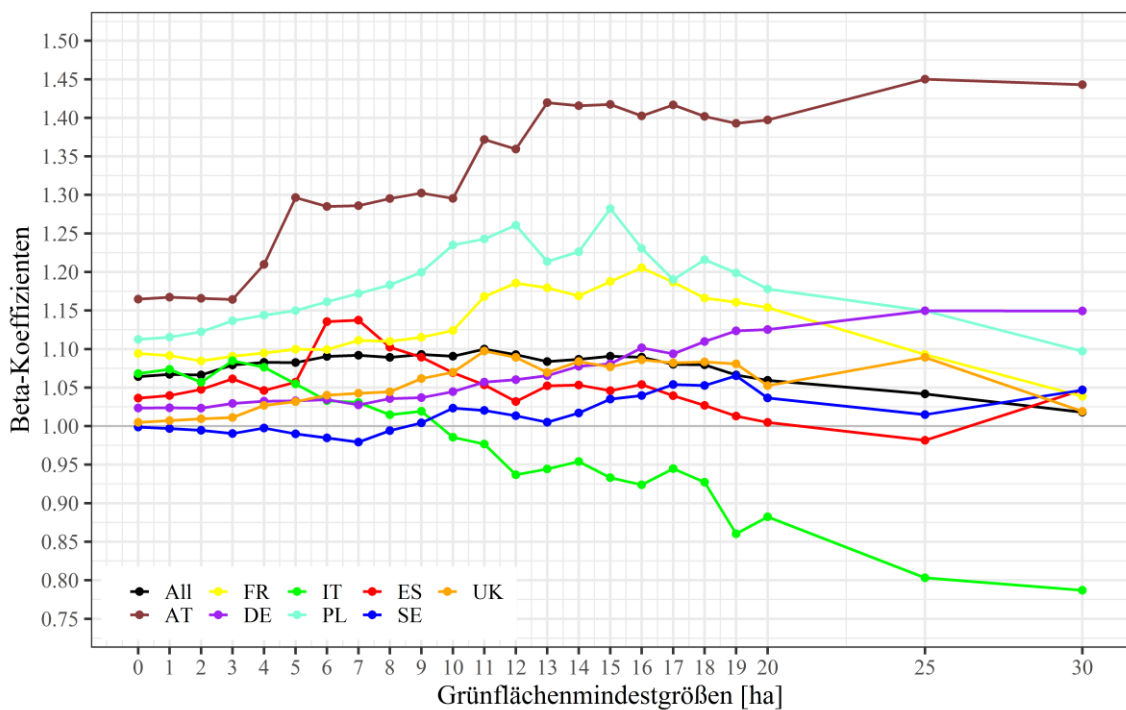


Abb. 26: Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei dynamischen 300m Gehdistanzen und steigender Mindestgröße.

Varianz der Grünflächenerreichbarkeit bei 500m (Statisch) - Urban Atlas

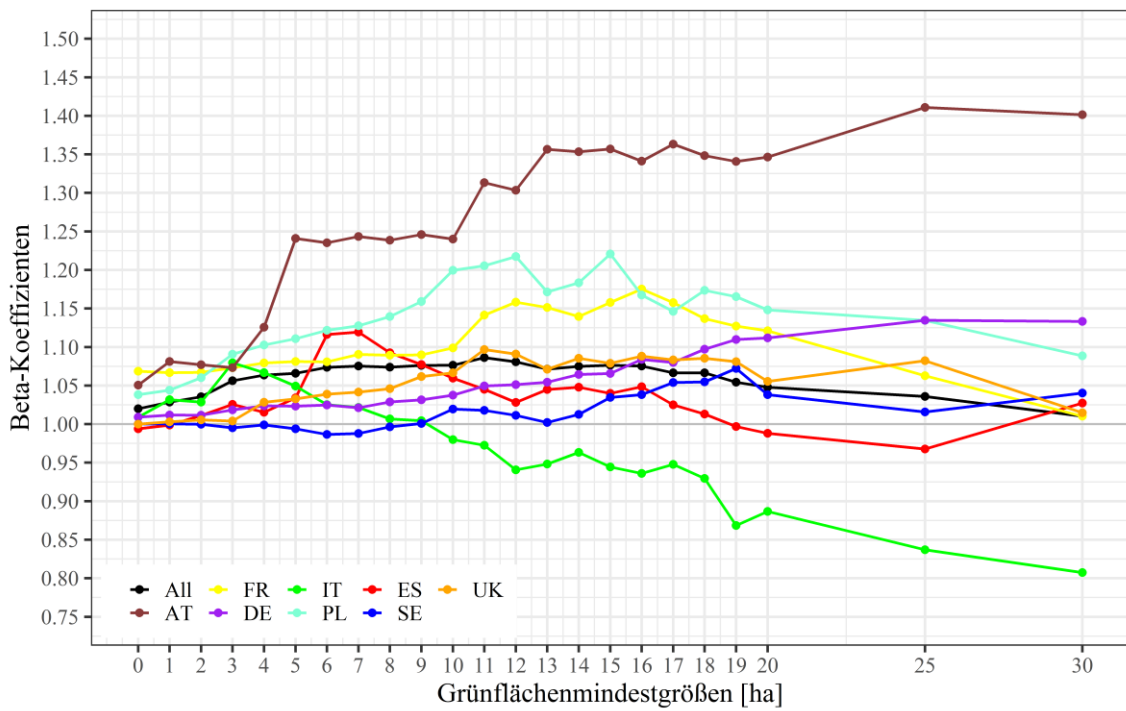


Abb. 27: Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei statischen 500m Gehdistanzen und steigender Mindestgröße.

Varianz der Grünflächenerreichbarkeit bei 500m (Dynamisch) - Urban Atlas

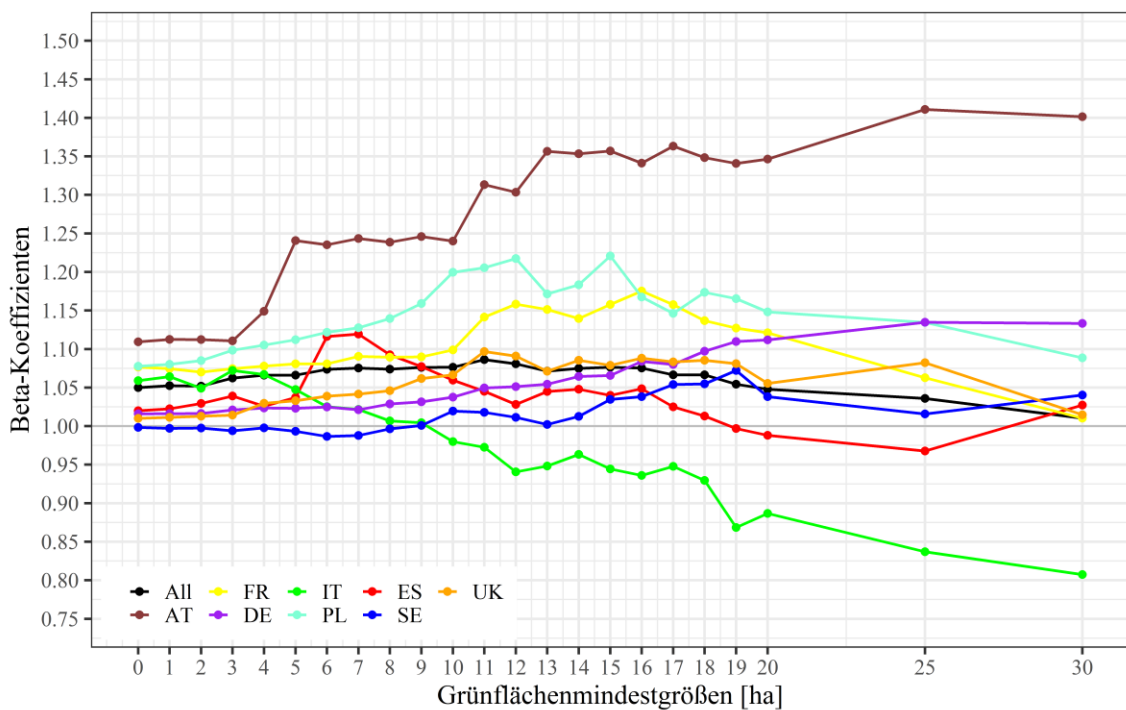


Abb. 28: Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei dynamischen 500m Gehdistanzen und steigender Mindestgröße.

Anzumerken ist, dass sich die Skalenkoeffizienten des dynamischen Ansatzes bei gleichbleibender Gehdistanz nur bei kleiner Mindestgröße vom statischen Ansatz unterscheiden, da die kleineren Grünflächen, welche variable maximale Gehdistanzen zugewiesen bekommen, bei steigender Mindestgröße nach und nach wegfallen. Auch bei der Grünflächenerreichbarkeit variieren die ermittelten Wachstumsgesetze stark nach Gehdistanz und Mindestgröße. Die Ursachen dieser Prozesse werden in Kapitel 4.5 genauer erläutert. In Tabelle 6 und 7 werden die erzielten Ergebnisse zusammengefasst dargestellt.

Tab. 6: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse - Grünflächenanteil und Grünflächen-pro-Kopf-Anteil.

Land	Landnutzung: Grünflächenanteil [%]	Landnutzung: Grünfläche-pro-Kopf [m ²]	Landbedeckung: Grünflächenanteil [%]	Landbedeckung: Grünfläche-pro- Kopf [m ²]
Gesamt	11,2	36,7	46,8	154,9
AT	11,9	33,0	45,2	132,5
FR	10,0	33,7	44,7	155,6
DE	14,8	57,1	53,8	207,9
IT	8,3	20,9	34,9	89,9
PL	13,0	40,0	52,3	163,2
ES	8,6	21,2	30,3	77,7
SE	22,9	82,4	51,0	181,5
UK	10,9	38,0	56,7	196,7

Tab. 7: Tabellarische Zusammenfassung der Ergebnisse - Skalenkoeffizienten Grünflächenverfügbarkeit und Erreichbarkeit.

Land	Landnutzung: Verfügbarkeit (β)	Landbedeckung: Verfügbarkeit (β)	Dynamische 300m Erreichbarkeit (β)	Dynamische 500m Erreichbarkeit (β)
Gesamt	1,043	0,959	1,064	1,050
AT	1,014	0,810	1,165	1,109
FR	1,002	0,832	1,094	1,077
DE	0,981	0,927	1,023	1,016
IT	1,087	1,087	1,068	1,059
PL	1,172	1,025	1,113	1,078
ES	0,962	0,906	1,036	1,020
SE	0,920	0,886	0,999	0,998
UK	0,942	0,916	1,005	1,010

4.5 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Im Folgenden werden die ermittelten Skalierungsbeziehungen der Grünflächenverfügbarkeit aus Landnutzungs- sowie aus Landbedeckungsdaten und die Beziehungen der Grünflächenreichbarkeit allgemein diskutiert. In den darauffolgenden Abschnitten werden die länderspezifischen Ergebnisse im Detail analysiert und weiters der Zusammenhang zwischen Mindestgrünflächengröße, Maximalgehdistanz und Skalierungskoeffizient betrachtet. Für die Bewertung der Skalenkoeffizienten in sublinear, linear und superlinear wurde die wie in folgender Tabelle 8 ersichtliche Einteilung getroffen.

Tab. 8: Einteilung der Skalenkoeffizienten in sublinear, linear und superlinear.

Skalenkoeffizient:	Skalenbeziehung:
< 0,9	Stark sublinear
0,90 – 0,94	Sublinear
0,95 – 0,97	Leicht sublinear
0,98 – 1,02	Linear
1,03 – 1,05	Leicht superlinear
1,06 – 1,10	Superlinear
> 1,10	Stark superlinear

Landnutzung Verfügbarkeit:

Sublinear:

Während in Schweden und Großbritannien sublineare Skalierungen zu beobachten sind, skaliert die nutzbare verfügbare Grünfläche in Spanien nur leicht sublinear mit der Gesamtbevölkerung. In diesen Ländern steht der Bevölkerung also grundsätzlich in großen Städten weniger Grünfläche zur Verfügung. Es muss jedoch beachtet werden, dass schwedische Städte ein allgemein hohes Niveau an Grünflächenanteil und Grünfläche-pro-Kopf haben (vgl. Kapitel 3.1.3). Großbritannien liegt dabei im Mittelfeld und spanische Städte weisen ein geringes Maß dieser Beobachtungsgrößen auf. Kleine schwedische Städte bieten der Bevölkerung also überproportional viele Grünflächen, während dieser Überhang in größeren Städten abnimmt. In Spanien liegt eine generell geringe Verfügbarkeit an nutzbaren Grünflächen vor, wobei diese Verfügbarkeit in den großen Städten noch weniger wird.

Linear:

In Österreich, Frankreich und Deutschland liegen lineare Skalierungen zwischen Grünfläche und Stadtgröße, gemessen an der Einwohnerzahl vor. Die Verfügbarkeit an nutzbarem urbanem Grün ist daher über alle Stadtgrößen gleichmäßig verteilt, während jedoch Deutschland die höchsten Werte beim Grünflächenanteil und bei der Grünfläche-pro-Kopf aufweist.

Superlinear:

Italien und Polen ist eine superlineare Skalierung der Grünflächenverfügbarkeit vorherrschend. Mit einem mittleren Grünflächenniveau stellen in Polen größere Städte mehr Grünflächen zur Verfügung als kleine Städte. Italien besitzt dagegen die niedrigsten Grünflächenanteile im Bezug zur Gesamtstadtfläche, sowie die niedrigsten Grünflächen-pro-Kopf Anteile. Italienische Kleinstädte bieten ihrer Bevölkerung also tendenziell noch weniger Grünflächen als größere Städte.

Landbedeckung Verfügbarkeit:

Bei der Beobachtung der Landbedeckung aus ESA-WorldCover Daten traten größtenteils sublineare Skalierungen auf (Deutschland, Spanien, Großbritannien). In den Ländern Österreich, Frankreich und Schweden sind dagegen sogar stark sublineare Skalierungen zu beobachten. In Kapitel 4.1 wurde gezeigt, dass Städte länderunabhängig mit zunehmender Stadtgröße dichter werden. Daraus kann geschlossen werden, dass in diesen genannten Staaten größere Städte hinsichtlich ihrer Grünflächenverfügbarkeit bezüglich Ökosystemdienstleistungen maßgeblich benachteiligt sind. Je größer Städte werden, desto dichter lebt die Bevölkerung aneinander, während verfügbarer Freiraum eher versiegelt und nicht als natürliche Stadtstruktur belassen wurde.

Im Gegensatz dazu wurden in Italien und Polen ähnlich wie bei den Beobachtungen aus Landnutzungsdaten superlineare Anstiege der Grünflächenverfügbarkeit mit zunehmender Stadtgröße nachgewiesen. Dort sind also im nationalen Vergleich Kleinstädte benachteiligt, während Großstädte ihrer Bevölkerung mehr urbane Grünflächen bieten. Lineare Beziehungen wurden in diesem Bereich nicht beobachtet.

Erreichbarkeit von Grünflächen

Bezüglich der Erreichbarkeit von urbanen Grünflächen wurden keine sublinearen Skalierungen nachgewiesen. Schweden und Großbritannien weisen lineare Skalenbeziehungen, also gleich verteilte Erreichbarkeitskoeffizienten auf. Die meisten Länder skalieren bezüglich der Erreichbarkeit jedoch superlinear zu ihrer Bevölkerungsmenge. Größere Städte sind dichter, wodurch mehr Menschen auf weniger Raum leben. Daraus folgend können von weniger Grünflächen auch insgesamt mehr Menschen profitieren. Im Sinne der Skalierungsgesetze könnten Städte dadurch als effizienter angesehen werden, da weniger Grünflächen von mehr Menschen erreicht werden können. In Österreich und Polen wurden sogar stark superlineare Beziehungen ermittelt. Der superlineare Anstieg in Österreich kann jedoch aus der überproportional hohen Bevölkerungsanzahl mit Grünflächenzugang von Wien im Verhältnis zu den übrigen bevölkerungsärmeren Kleinstädten des Landes erklärt werden. In Polen bieten dahingegen die beiden Großstädte Warschau und Kattowitz übermäßig viele Grünflächen, während in den polnischen Kleinstädten eher weniger und spärlicher über das Stadtgebiet verteilte Grünflächen zu finden sind.

Aus diesen drei Beobachtungen – Grünflächenverfügbarkeit aus Landnutzungsdaten, Grünflächenverfügbarkeit aus Landbedeckungsdaten und Grünflächenerreichbarkeit – können zusammenfassend folgende Schlussfolgerungen interpretiert werden. Aus den Landbedeckungsdaten wurde ermittelt, wie viel urbanes Grün sich in Städten allgemein befindet. Aus den Landnutzungsdaten kann abgelesen werden, in welchem Ausmaß diese Grünflächen von der städtischen Bevölkerung auch genutzt werden können. Bis auf die beiden Länder Italien und Polen wurden im Landbedeckungsmodell sublineare Beziehungen beobachtet. Ginge es also ausschließlich um das Vorhandensein von Grünflächen wären größere Städte fast immer benachteiligt. Österreich, Frankreich und Deutschland schaffen es jedoch bei der Umwandlung von vorhandenen Grünflächen in nutzbare Grünflächen diese Benachteiligung von großen Städten in ein Gleichgewicht unabhängig von der Stadtgröße auszugleichen. Nur in Italien und Polen sind Kleinstädte jedoch sowohl beim Landbedeckungs- als auch beim Landnutzungsmodell benachteiligt.

Wird dagegen die Erreichbarkeit betrachtet wird der Mangel an Grünflächen von Großstädten insofern ausgeglichen, sodass dort sogar insgesamt gleich viel (Schweden, Großbritannien) aber meist sogar mehr Menschen von den Grünflächen profitieren. Großstädte bieten deswegen überproportional mehr Bevölkerung eine oder mehrere Grünflächen in Gehdistanz zu ihrem Wohnort. Hinsichtlich der Erreichbarkeit und den Scaling Laws treten Skaleneffekte

(Economies of Scale) auf, wodurch behauptet werden kann, dass Großstädte effizienter sind, da sie mehr Menschen Zugang zu Grünflächen als Kleinstädte bieten.

4.5.1 Diskussion der länderspezifischen Ergebnisse im Detail

In **Österreich** herrscht eine lineare Grünflächenverfügbarkeitsskalierung aus Landnutzungsdaten, sowie eine stark sublineare Grünflächenverfügbarkeitsbeziehung aus Landbedeckungsdaten. Nutzbare Grünflächen sind also gleichmäßig über österreichische Städte verteilt, während jedoch Grünflächen aus den ESA-WorldCover Daten in der Großstadt Wien stark unterrepräsentiert sind. Der Hauptgrund dafür liegt darin, dass landwirtschaftliche Weidewiesen und grünes und für die Öffentlichkeit nicht zugängliches Brachland bei den Landnutzungsdaten nicht in die Kategorie Urban Green fallen, bei den Landbedeckungsdaten jedoch schon. Bei den ESA-WorldCover Daten werden landwirtschaftlich genutzte grüne Wiesen nicht von der Klasse „Grasland“ abgespalten. Diese Klasse lässt sich häufig in den Kleinstädten Österreichs finden, aber nicht in der überproportional großen Stadt Wien. Dieses Fehlen von landwirtschaftlichen Wiesen und grünes Brachland führt zu der stark sublinearen Skalierung in Österreich. Die superlineare Skalierung der Grünflächenereichbarkeit wird aus dem großen Einwohnerunterschied von Wien und den übrigen Kleinstädten erklärt.

Schweden profitiert von seiner geographischen nördlichen Lage durch viel natürliche Bewaldung, sowie durch nachhaltige Stadtplanung. Die Grünflächenverfügbarkeitskoeffizienten aus Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten bewegen sich trotzdem im sublinearen Bereich. Aufgrund der allgemein sehr hohen Anteile an Grünfläche innerhalb der Städte und den sehr hohen Grünflächen-pro-Kopf-Anteilen der Städte kann jedoch nicht behauptet werden, dass große Städte benachteiligt werden, sondern eher, dass kleine schwedische Städte ein Übermaß an urbaner Grünfläche bieten. Diese urbanen Grünflächen skalieren bezüglich ihrer Erreichbarkeit linear. Somit bieten schwedische Städte ihrer Bevölkerung über alle Stadtgrößen hinweg proportional gleich viel Zugang zu Grünflächen.

Deutschland und **Großbritannien** ähneln sich bezüglich ihrer Skalierungen aufgrund von sublinearen Grünflächenverfügbarkeitskoeffizienten und linearen Erreichbarkeitsbeziehungen. Beide Länder weisen mittlere Grünflächenanteile innerhalb der Städte, sowie mittlere Grünflächen-pro-Kopf-Anteile aus Landnutzungsdaten auf. Werden diese Eigenschaften jedoch mithilfe Landbedeckungsdaten analysiert, werden in den beiden Ländern die zwei höchsten Werte beobachtet. Grundsätzlich bieten die Städte der beiden Länder also eine große Menge an urbanem Grün, von welchem aber ein beachtlicher Teil nicht für Menschen frei

zugänglich oder nutzbar ist (z.B. grünes Brachland, landwirtschaftliche Weidewiesen, kostenpflichtige Freizeitparks etc.).

In **Spanien** und **Italien** ist aufgrund der geographischen südlichen Lage Grünflächenmangel sowohl mit Landnutzungs- als auch mit Landbedeckungsdaten festzustellen. Besonders stark tritt dieser Mangel in Küstenstädten auf. Während jedoch in Spanien sublineare Verfügbarkeitskalierungen auftreten und dadurch in Großstädten noch weniger Grün zur Verfügung steht, herrscht in Italien ein superlineares Skalierungsregime. Außerdem ist in Italien ein erhöhtes Aufkommen von kleinen Grünflächen zu beobachten. Dieses kann aus der mediterranen Stadtstruktur, der engen Architektur, guter Erhaltung der historischen Stadtstruktur aufgrund geringer Zerstörung im Zweiten Weltkrieg und somit wenig freier Fläche erklärt werden. Mit superlinearem (Italien) bzw. leicht superlinearem (Spanien) Erreichbarkeitskoeffizienten profitieren jedoch trotzdem in den Großstädten der beiden Länder mehr Menschen von Grünflächen.

In **Frankreich** sind nutzbare Grünflächen gleichmäßig über alle Stadtgrößen hinweg verteilt. Grünflächen für Ökosystemdienstleistungen werden jedoch mit zunehmender Stadtgröße weniger. Dieser Umstand spricht jedoch für eine überlegte und faire Stadtplanung mit guter Verteilung der nutzbaren und verfügbaren Grünflächen des Landes. Der superlineare Erreichbarkeitskoeffizient, sowie der in Relation eher niedrige Grünflächen-pro-Kopf-Anteil wird jedoch aus der hohen Bevölkerungsdichte der französischen Großstädte belegt.

Die Ergebnisse von **Polen** unterscheiden sich gänzlich von den Ergebnissen der übrigen Staaten. Beide Verfügbarkeitskoeffizienten aus Landbedeckungs- und Landnutzungsdaten erweisen sich als leicht superlinear bzw. superlinear. Dadurch ergibt sich, dass in großen polnischen Städten tendenziell mehr Grünflächen als in kleinen Städten zu finden sind. Daraus ergibt sich in weiterer Folge auch ein stark superlinearer Erreichbarkeitskoeffizient. Die mittleren bis hohen Grünflächenanteile und Grünflächen-pro-Kopf-Anteile innerhalb der Städte sprechen dafür, dass die Grünflächen in kleinen polnischen Städten schlecht verteilt sein müssen und aufgrund der dort geringen Einwohnerdichte nur wenig Menschen davon profitieren. Der Grund dafür könnte die weitreichende Zerstörung im Zweiten Weltkrieg sein und dass kostenintensive nachhaltige Stadtplanung eher in Großstädte wie Krakau, Kattowitz oder Warschau, anstatt in die zahlreichen Kleinstädte investiert wurde.

4.5.2 Auswirkungen der Mindestgröße auf den Skalenkoeffizienten - Verfügbarkeit

Wie in Kapitel 2.1 und Kapitel 2.2 angeführt schwanken in der Fachliteratur die Definitionsmöglichkeiten von Grünflächen bezüglich ihrer Mindestgröße. Deswegen wurden die Auswirkungen bei Schwankungen von diesen unterschiedlichen Definitionen systematisch untersucht. Wie im Folgenden ersichtlich, folgen die Auswirkungen einem gewissen System, weswegen nicht die Ergebnisse aller Länder, sondern repräsentative Beispielländer vorgeführt werden. In den Abbildungen 29 – 32 ist eine Kombination aus vier Teilaspekten des Skalenmodelles zu sehen. Im linken oberen Teil wird der Verlauf des Grünflächenverfügbarkeitskoeffizienten bei steigender Mindestgröße abgebildet. Im rechten oberen Teil wird die relativ zur Gesamtgrünfläche verbleibende Grünfläche pro Stadtgrößenklasse visualisiert. Dafür wurde die Ausdehnung aller Grünflächen in den angeführten Größenklassen aufsummiert und anschließend beobachtet, wie viel Grünfläche in einer Stadtgrößenkategorie bei steigender Definition der Mindestgrünflächengröße übrigbleibt. Die linke untere Grafik gibt über die Grundgesamtheit bzw. die Anzahl der beobachteten Städte des Modells Auskunft. Durch Steigerung der Mindestgröße scheiden kleinere Städte aus dem Modell, da sie keine Grünfläche mehr über der gewählten Mindestgröße besitzen. Im rechten unteren Plot wird visualisiert, inwiefern sich die Gesamtgrünfläche aller Städte des Landes bei steigender Grünflächenmindestgröße im Bezug zur ursprünglichen Grünfläche ohne definierter Mindestgröße reduziert.

Wie am Beispiel Polen gut ersichtlich schwankt der resultierende Skalenkoeffizient eines Modelles stark mit der vorab definierten Mindestgröße. Einen erheblichen Effekt hat jedoch auch die Grundgesamtheit des Modelles. Bei gleichbleibender Grundgesamtheit steigt der Betakoeffizient, da wie im rechten oberen Teil der Abbildung gerade kleine Städte mit weniger als 100.000 Einwohnern relativ gesehen am meisten Grünfläche durch den Anstieg der Mindestgröße verlieren. Große Städte verlieren dagegen relativ gesehen weniger Anteile an ihren Grünflächen. Bildlich vorgestellt, würden sich also die Punkte im Skalenplot (z.B. Abbildung 20) der kleinen Städte stärker nach unten verlagern als die größeren Städte. Dadurch wird die Regressionsgerade steiler, woraus ein Anstieg des Skalenkoeffizienten resultiert. Wie im rechten unteren Teil der Abbildung ersichtlich, fallen Städte ab einer gewissen Mindestgröße aus dem Modell, da sie keine Grünfläche mehr über der definierten Mindestgröße mehr besitzen. Dieser Umstand betrifft genau diese erwähnten kleinen Städte, welche durch den Anstieg schon tendenziell mehr Grünfläche verloren haben. Werden diese Städte jetzt nicht mehr im Modell berücksichtigt, fehlen diese niedrigen Punkte im linken unteren Teil des

Skalenplots. Deswegen flacht die Regressionsgerade wieder leicht ab, woraus ein Abfallen des Betakoeffizienten folgt.

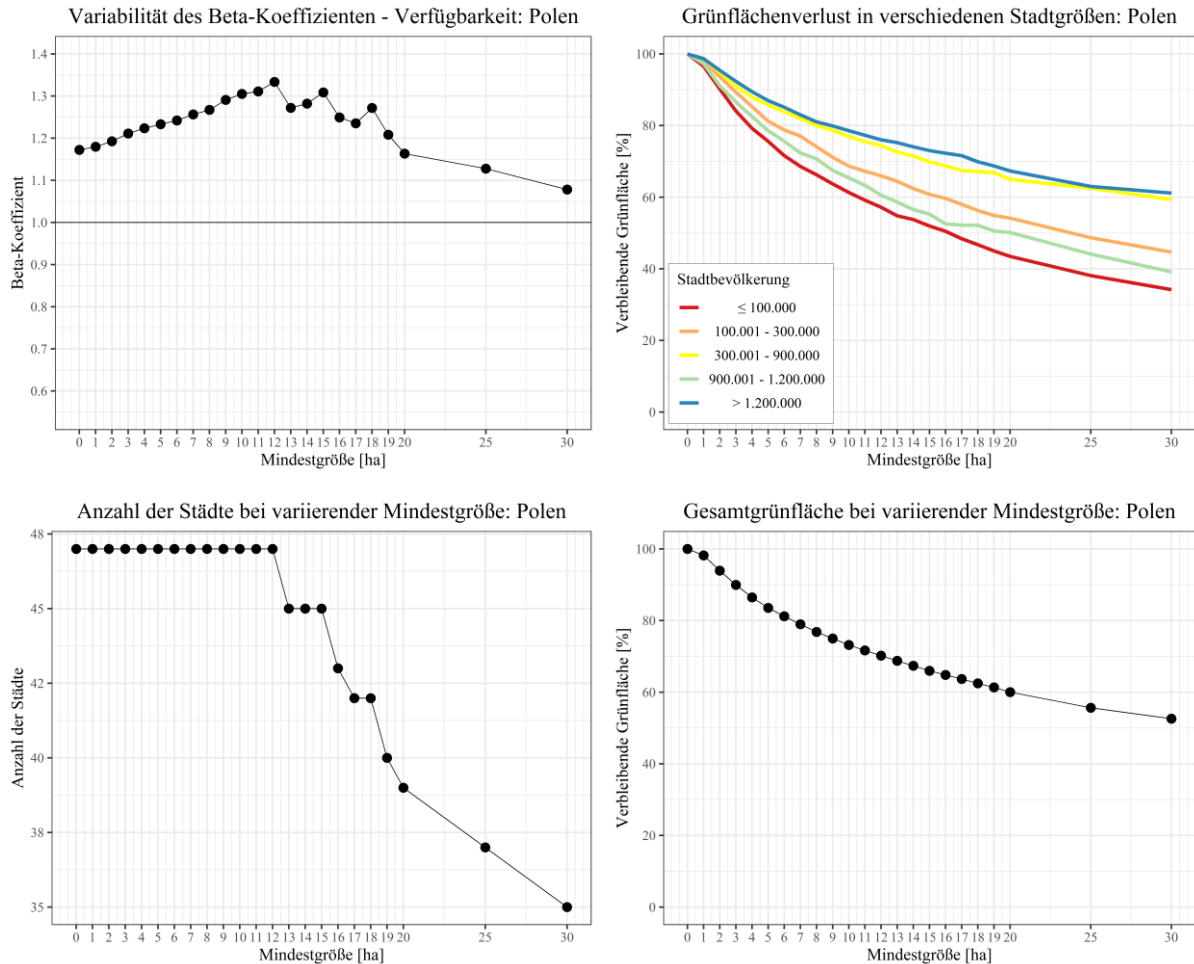


Abb. 29: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Polen - Verfügbarkeit.

Zusammengefasst lässt sich also daraus schließen, dass bei gleichbleibender Grundgesamtheit ein Anstieg der Grünflächenmindestgröße zu einem Anstieg des Skalenkoeffizienten führt. Fallen jedoch Städte aus dieser Grundgesamtheit, betrifft dies eher Kleinstädte, wodurch der Skalenkoeffizient wiederum sinkt.

Nach demselben Prinzip folgend, jedoch mit anderen Grundvoraussetzungen kann dieser Zusammenhang in Italien beobachtet werden. Bei gleichbleibender Anzahl von betrachteten Städten steigt der Beta-Koeffizient, während beim Wegfallen kleinerer Städte ein Absinken des Koeffizienten folgt. Anders als in Polen wird jedoch die Stadtgrößenklasse 900.000 – 1.200.000 Einwohner am stärksten durch die steigende Mindestgröße beeinflusst. Das bedeutet, dass in dieser Klasse die meisten kleineren Grünflächen des Landes zu finden sind. Dadurch sinken bei einem Anstieg der Mindestgröße auch die Punkte der größeren Städte im Skalenplot, woraus ein erhebliches Abflachen der Regressionsgerade in ein stark sublineares Skalierungsniveau resultiert. Die am Beispiel Polen erläuterten Zusammenhänge, werden also im Land Italien zusätzlich dadurch verstärkt, dass dort relativ betrachtet nicht die kleinsten Städte die meisten kleinen Grünflächen besitzen. Wie in Kapitel 3.1.3 angeführt sind also in Italien im Vergleich zu den anderen Ländern die meisten kleineren Grünflächen zu finden, wodurch sich eine Veränderung der Parameter in diesem Land am meisten auswirken.

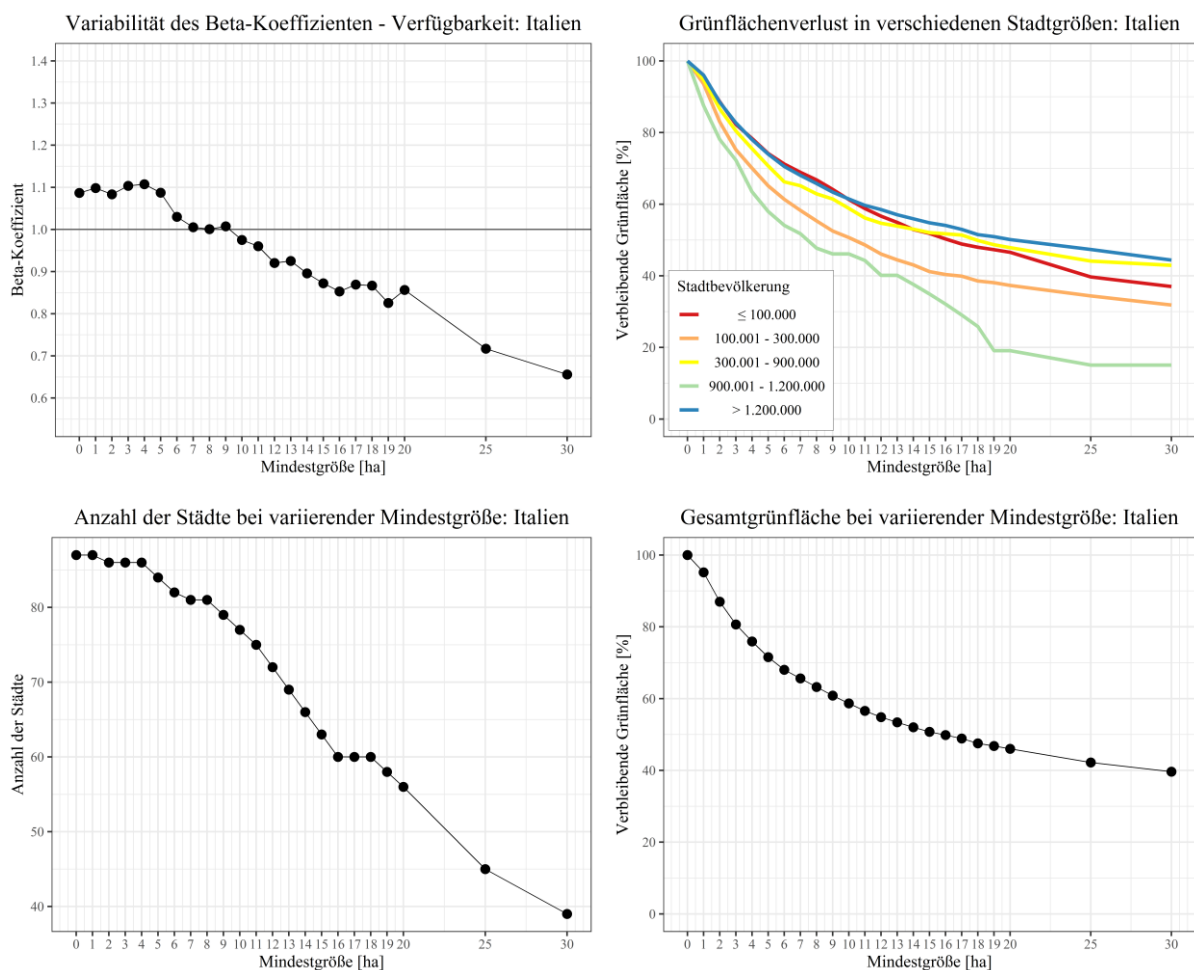


Abb. 30: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Italien - Verfügbarkeit.

Mit gänzlich anderen Voraussetzungen, jedoch auch nach demselben Prinzip folgend werden diese Zusammenhänge in Deutschland beobachtet (Abbildung 31). Dort wird bei steigender Grünflächenmindestgröße ein fast stetiger Anstieg des Beta-Koeffizienten beobachtet. In Kapitel 3.1.3 wurde gezeigt, dass in Deutschland weniger kleine Grünflächen sind, dafür umso mehr größere Grünflächen. Anders als in anderen Staaten, fällt in Deutschland erst ab einer Mindestgröße von 17 Hektar eine Stadt aus der Grundgesamtheit. Auch bei erheblich größeren Mindestmaßen ist der Wegfall von Städten vernachlässigbar. Dadurch steigt der Skalenkoeffizient in Deutschland von einer linearen Skalierung in eine Superlineare.

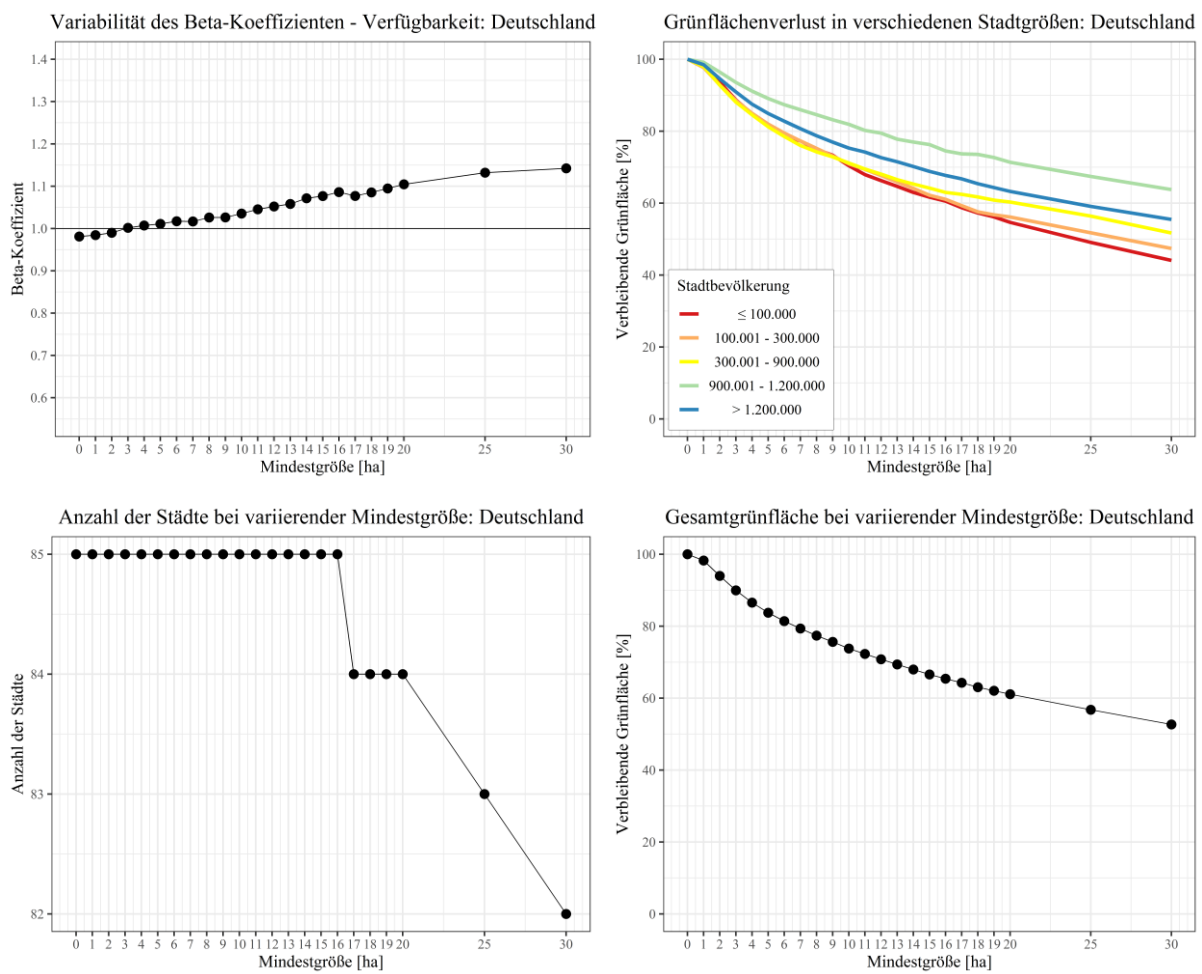


Abb. 31: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Deutschland - Verfügbarkeit.

In Frankreich verlieren die kleinen Städte am meisten Grünflächen bei einem Anstieg der Mindestgröße, während jedoch die Anzahl der beobachteten Städte lange gleichbleibend verläuft (Abbildung 32). Auch dadurch steigt der Betakoeffizient zunächst von einem linearen Skalierungsverhältnis in ein Superlineares, bis so viele kleine Städte aus dem Modell fallen und der Koeffizient in ein sublineares Skalierungsniveau sinkt.

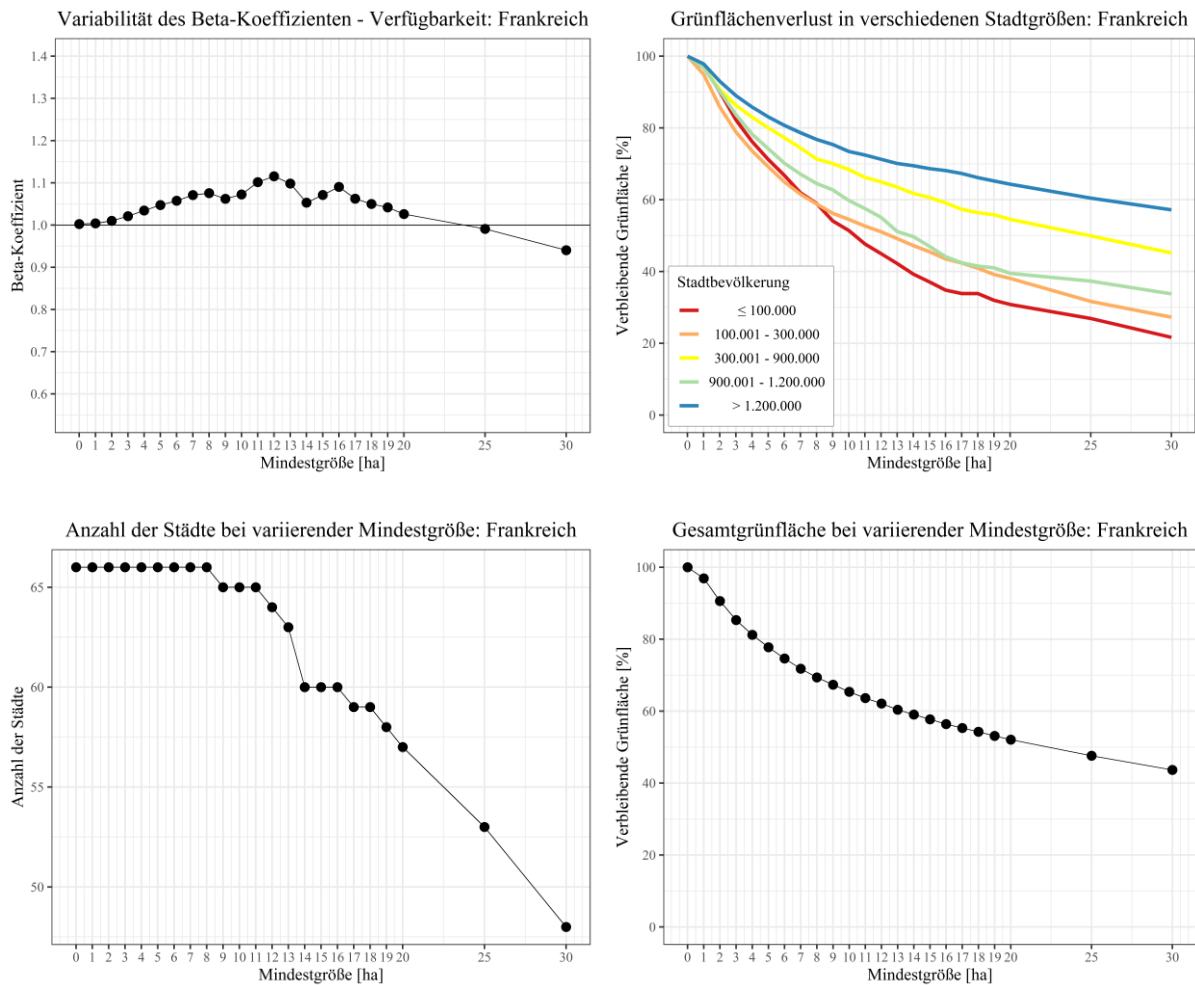


Abb. 32: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Frankreich - Verfügbarkeit.

Mithilfe obenstehender Analysen und den daraus resultierenden Abbildungen wurde gezeigt, inwiefern das Skalenmodell der Grünflächenverfügbarkeit von der Definition der Mindestgrünflächengröße abhängt. Diese Prinzipien lassen sich auch in den nicht präsentierten Ländern Österreich, Spanien, Schweden und Großbritannien finden. Durch Veränderung der Mindestgröße können Skalierungsniveaus von sublinear bis superlinear auftreten. Bei Analysen mittels Scaling-Laws müssen also im Vorfeld klare Definitionen getroffen werden, welche die

gegebenen Zustände des Systems eindeutig beschreiben, da sich wie gezeigt Änderungen des Systems erheblich auswirken können.

4.2.3 Auswirkungen der Parameter auf den Skalenkoeffizienten - Erreichbarkeit

Da jedoch nicht nur die Mindestgröße im Zuge dieser Arbeit variiert wurde, sondern auch die maximale Gehdistanz werden im Folgenden die Auswirkungen dieser Modelleingangsgröße diskutiert. Im Sinne der Grünflächenerreichbarkeit wurden dafür ähnliche Analysen durchgeführt und ähnliche Abbildungen erstellt. Im linken oberen Teil der Grafiken ist wiederum die Schwankung des Skalenkoeffizienten der Grünflächenerreichbarkeit bei unterschiedlicher Mindestgröße, sowie maximaler Gehdistanz ersichtlich. Im linken unteren Abschnitt ist gleich wie in Kapitel 4.5.2 die Anzahl der beobachteten Städte des Landes abgebildet. Im rechten oberen Teil ist anders als zuvor nicht die Verringerung der Grünfläche pro Stadtgrößenklasse, sondern die Verringerung der Menschen mit Grünflächenzugang pro Stadtgrößenklasse bei steigender Mindestgröße und 300 Meter Gehdistanz zu sehen. Im rechten unteren Teil wird die relative Anzahl an Menschen mit Grünflächenzugang bei steigender Mindestgröße und der beispielhaften Gehdistanz von 300 Metern präsentiert.

Der Skalenkoeffizient verhält sich bezüglich der Mindestgröße ident zu den in Kapitel 4.5.2 diskutierten Prinzipien. Bei gleichbleibender Grundgesamtheit steigt der Erreichbarkeitskoeffizient so lange bis einzelne kleine Städte aufgrund der sich steigenden Grünflächenmindestgröße nicht mehr betrachtet werden.

Bei einer Steigerung der maximalen Gehdistanz wird dementsprechend mehr Bevölkerung mitberücksichtigt. Wie in Kapitel 2.2 bereits diskutiert, wird bei großen Gehdistanzen fast die gesamte Stadtbevölkerung miteingeschlossen. Daher nähern sich Betakoeffizienten aus großen Gehdistanzen, wie in den folgenden Abbildungen ersichtlich an die Linearität. Desto höher der Distanzradius gewählt wird, desto näher liegt daher der Betakoeffizient bei einer linearen Skalierungsbeziehung.

In Polen kann diese Modellstruktur gut abgelesen werden (Abbildung 33). Die kürzeste Gehdistanz von 100 Metern (rot) liefert bei einer definierten Mindestgröße von 0 Hektar den höchsten Skalenkoeffizienten. Je größer diese Gehdistanz wird, desto weiter nähert sich der Koeffizient zur Linearität. Die fünf Kurven der verschiedenen Gehdistanzen steigen anschließend synchron bis zum ersten Wegfall einer Stadt aus der Grundgesamtheit.

Auch in diesem Beispiel ist die Abnahme der Stadtbevölkerung mit Grünflächenzugang relativ betrachtet in den kleineren Städten am stärksten, da in den Kleinstädten auch häufiger kleinere Grünflächen zu finden sind. Anzumerken ist, dass mit der Grünflächenmindestgröße von 30 Hektar nur noch etwa 20% der ursprünglichen Menschenmenge mit direkten Grünflächenzugang berücksichtigt werden. Zusätzlich bleiben von den ausgehenden 47 polnischen Städten lediglich 35 Städte mit einer Grünfläche über 30 Hektar übrig.

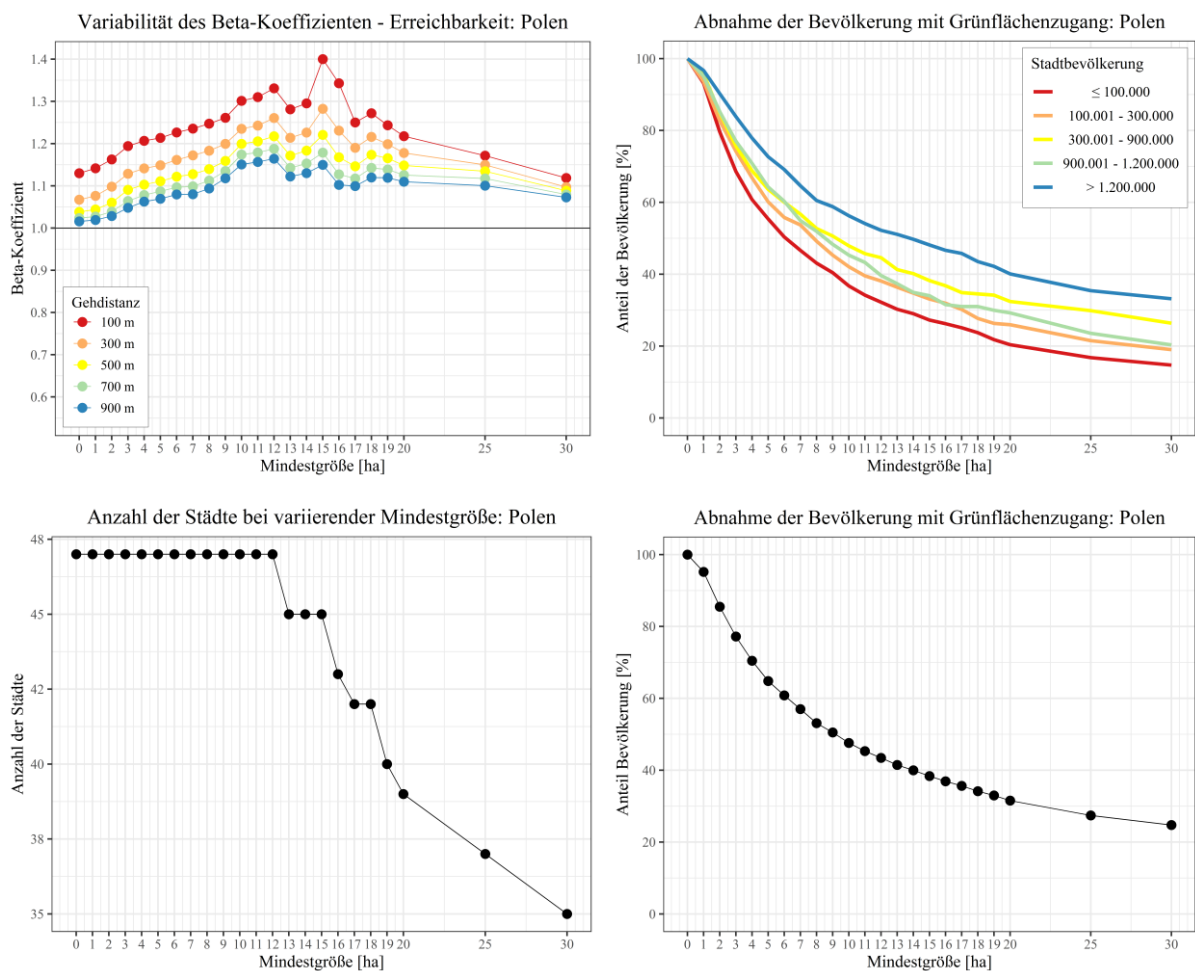


Abb. 33: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Polen - Erreichbarkeit.

In Italien verläuft der Erreichbarkeitskoeffizient von einem linearen bis superlinearen Skalierungsverhältnis in ein stark Sublineares. Dennoch ist der Koeffizient der größten Gehdistanz von 900 Metern (blau) fast stetig der Nächste zur Linearität. Wie schon im vorherigen Kapitel erwähnt, ist die Abnahme der Grünflächen durch eine Mindestgrößensteigerung in Italien nicht in den kleinsten Städten am größten. Dadurch, dass vor allem einwohnerreiche Städte (900.001 – 1.200.000 Einwohner) am meisten kleinere Grünflächen besitzen, fällt das Skalierungsniveau in den stark sublinearen Bereich. Mit einer Mindestgröße von 30 Hektar werden nur noch 15% der ursprünglichen Bevölkerung mit Grünflächenzugang berücksichtigt, während lediglich 39 italienische Städte von den ausgehenden 87 Städten eine Grünfläche über 30 Hektar aufweisen.

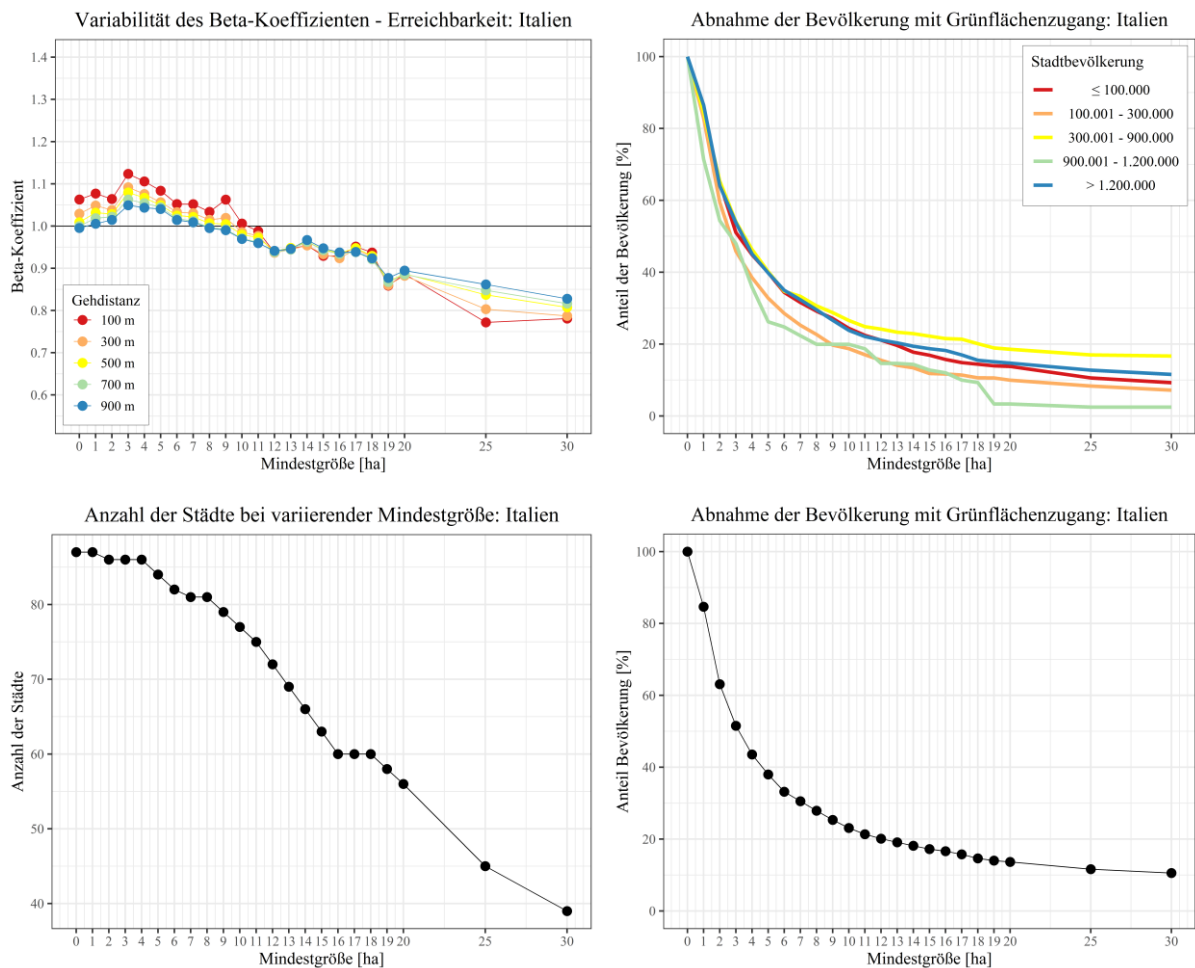


Abb. 34: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Italien - Erreichbarkeit.

In Deutschland verlaufen die Kurven der verschiedenen Skalenkoeffizienten synchron und stabil. Auch die Betakoeffizienten bei verschiedenen Gehdistanzen liegen sehr eng aneinander. Außerdem verläuft der Betakoeffizient bei höheren Grünflächenmindestgrößen am nächsten zur Linearität. Eine lineare Skalierung spricht dafür, dass annähernd die gesamte Stadtbevölkerung des Landes Zugang zu urbanem Grün in unmittelbarer Nähe zum Wohnort hat. Daher liegt die Vermutung nahe, dass Grünflächen in deutschen Städten gleichmäßig und in hohem Maß über den Stadtraum verteilt sind und somit für die Bevölkerung gut zugänglich sind. Dennoch ist die Abnahme der Bevölkerung in den kleineren Städten am stärksten, wodurch der Skalenkoeffizient in ein superlineares Verhältnis ansteigt. Nur in drei deutschen Städten befinden sich keine Grünflächen mit mehr als 30 Hektar Ausdehnung, trotzdem wird aber ab dieser Mindestgröße allenfalls noch etwas mehr als 20% der ursprünglichen Bevölkerung mit Grünflächenzugang berücksichtigt.

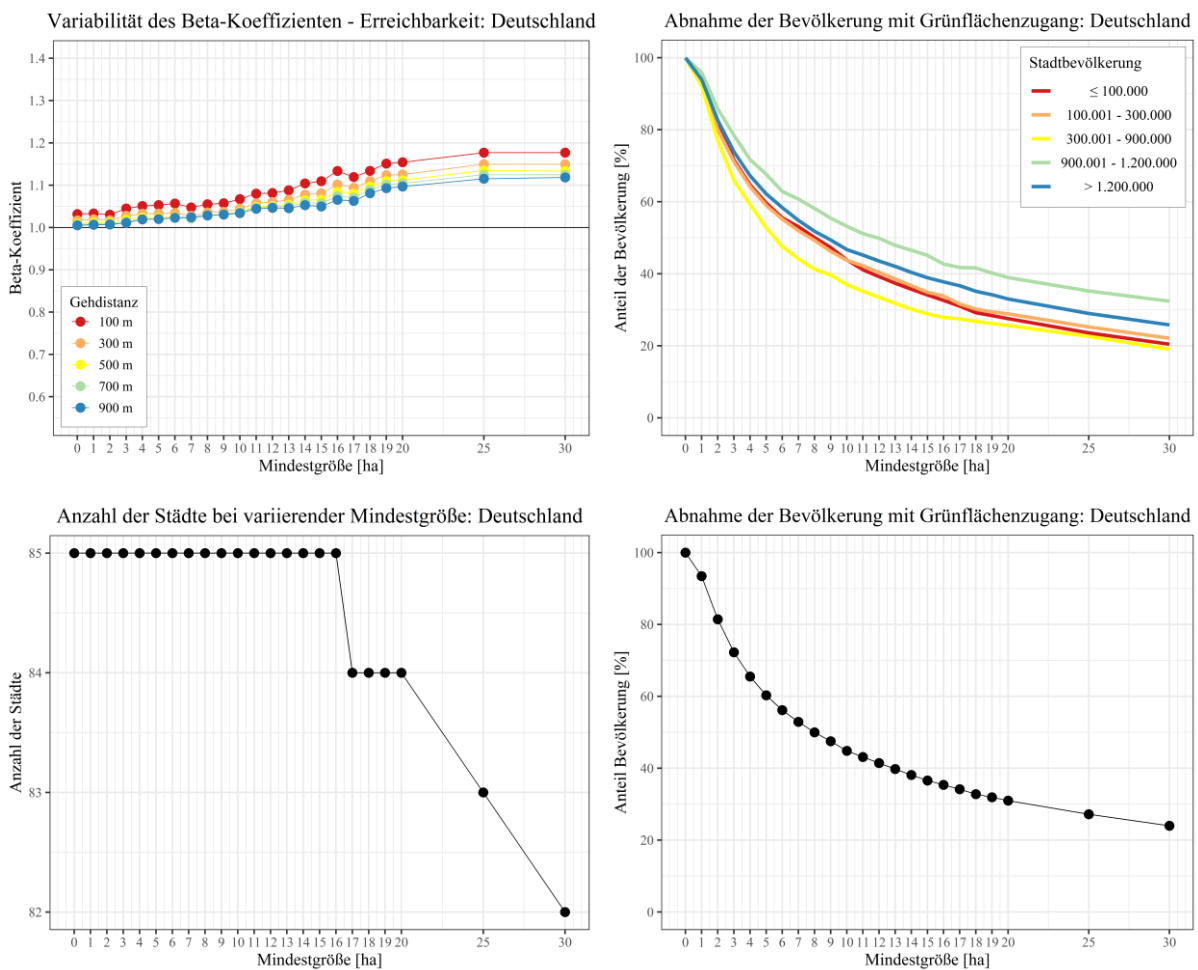


Abb. 35: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Deutschland - Erreichbarkeit.

In Frankreich sinkt zu Beginn der Skalenkoeffizient bei 100 und 300 Meter Gehdistanz trotz gleichbleibender Städteanzahl. Dies liegt daran, dass wie im rechten oberen Teil der Abbildung ersichtlich, kleine Städte bei geringen Mindestgrößen am wenigsten Menschen mit Grünflächenzugang verlieren. Dadurch flacht die Regressionsgerade anfänglich ab bis sie wieder bei gleichbleibender Grundgesamtheit beginnt zu steigen. Daraus kann geschlossen werden, dass kleine französische Städte auch größere Grünflächen über 8 Hektar besitzen. Erst ab diesem Grenzwert verringert sich die Anzahl der beobachteten Städte und die Abnahme der Menschen mit Grünflächenzugang nimmt in der kleinsten Stadtgrößenklasse deutlich zu. Auch hier ist der Koeffizient der größten Maximalgehdistanz relativ gesehen am nächsten zur Linearität. Von den ausgehenden 66 französischen Städten werden bei steigender Mindestgröße noch 53 Städte betrachtet, jedoch haben nur noch 20% der ursprünglichen Bevölkerung mit einer Grünfläche in ihrer Umgebung auch Zugang zu einer Grünfläche über 30 Hektar.

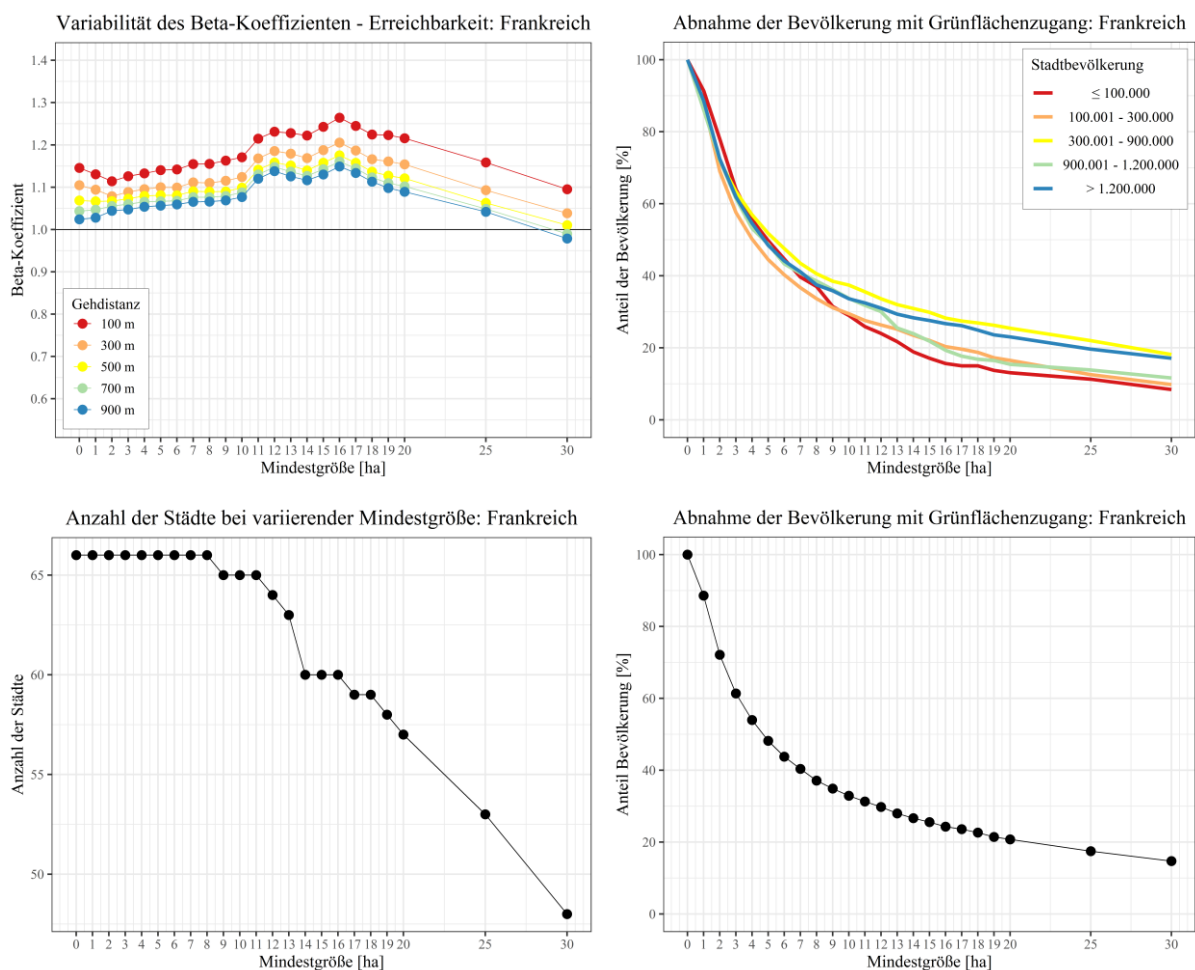


Abb. 36: Variabilität des Beta-Koeffizienten bei steigender Grünflächenmindestgröße in Frankreich - Erreichbarkeit.

Zusammenfassend hängt der Grünflächenerreichbarkeitskoeffizient maßgeblich von den beiden Eingangsgrößen Mindestgrünflächengröße und Maximalgehdistanz ab. Auch hier hebt ein Anstieg der Mindestgröße zunächst den Koeffizienten, bis ein Ausscheiden einer Stadt mit keiner Grünfläche über dem jeweiligen Mindestwert den Koeffizienten senkt. Die Steigerung der maximalen Gehdistanz drückt den Koeffizienten etwas in Richtung Linearität, bei sublinearem Wachstum nach oben, bei superlinearem Wachstum nach unten. Auch im Bezug der Erreichbarkeit müssen diese Parameter im Vorfeld also sorgfältig bestimmt werden.

4.2.4 Ungleichheit: Verfügbarkeit und Erreichbarkeit von Grünflächen

Zur Betrachtung des Ungleichgewichtes in der Verteilung des städtischen Grüns und dessen Erreichbarkeit wurde ein Ungleichheitsmaß eingeführt (Abbildung 37). Dafür wurde der Skalenkoeffizient der Verfügbarkeit vom Erreichbarkeitskoeffizienten (300 Meter) subtrahiert. Eine negative Differenz sagt aus, dass je größer eine Stadt eines Landes ist, dort zwar mehr Grünflächen vorhanden sind, jedoch weniger Menschen davon profitieren. Umgekehrt wird bei einer positiven Differenz davon ausgegangen, dass insgesamt weniger Grünflächen in großen Städten existieren, diese jedoch auch von mehr Menschen erreicht werden können. Ein Wert nahe Null würde bedeuten, dass Erreichbarkeit und Verfügbarkeit der Grünflächen innerhalb der Städte ausgeglichen sind.

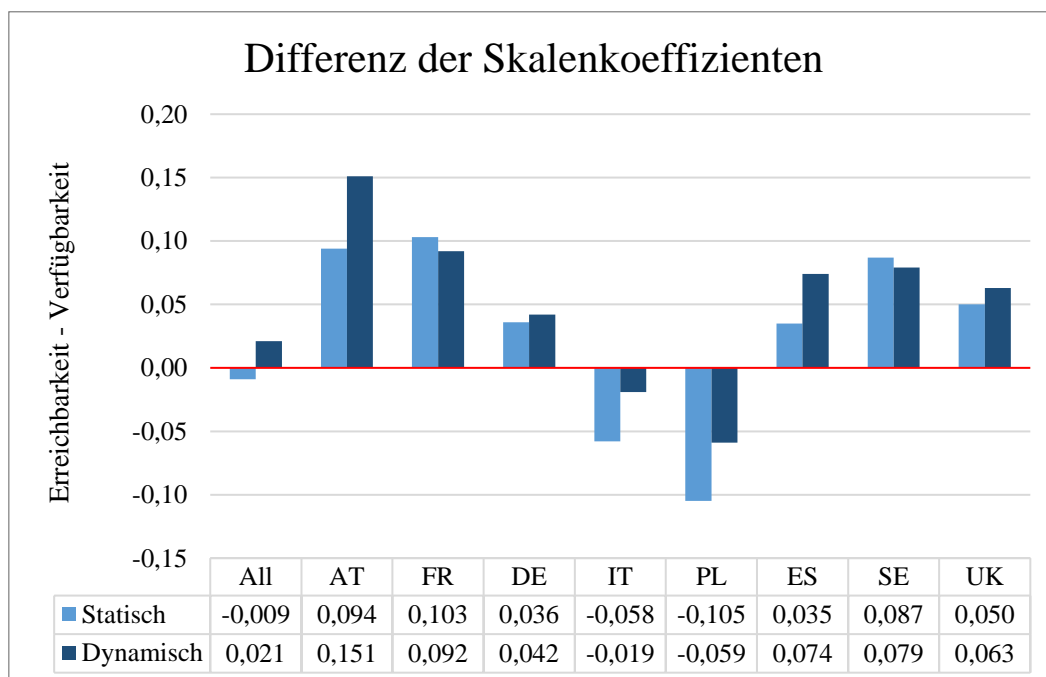


Abb. 37: Differenz der Skalenkoeffizienten (Grünflächenerreichbarkeit – Grünflächenverfügbarkeit mit 300 Meter statische und dynamischen Gehdistanzen).

Wie in obenstehender Abbildung 37 zu sehen, weisen alle Länder bis auf Italien und Polen positive Ungleichheitsmaße auf. In den Staaten Österreich, Frankreich, Deutschland, Spanien, Schweden und Großbritannien profitieren also mehr Menschen von weniger Grünflächen. Dort sind die Grünflächen in Städten so verteilt, dass sie insgesamt für mehr Menschen erreichbar sind. In Österreich und Frankreich werden die höchsten Werte beobachtet. Dieses Ergebnis in Österreich kann aus der kleinen Datenmenge und der zu den übrigen Städten überproportional einwohnerstarken Großstadt Wien erklärt werden. Frankreich schafft es dabei in großen Städten mit den wenigsten Grünflächen die meisten Menschen zu erreichen. Ein Grund dafür ist beispielsweise die hohe Einwohnerdichte der französischen Großstädte.

Im Gegensatz dazu weist Italien ein negatives Ungleichheitsmaß auf. Wie schon genauer erläutert sind in italienischen Städten sehr viele kleine Grünflächen zu finden und weniger große Parkanlagen. Durch die dynamische Distanzbildung (vgl. Kapitel 3.2.3) werden diesen kleinen Grünflächen weniger Bedeutung zugeschrieben. Deswegen finden sich in italienischen Städten viele Wohngebiete, in denen keine Grünfläche in unmittelbarer Umgebung zum Wohnort ist. Aufgrund der vielen kleineren Grünflächen kann also nicht das gesamte Stadtgebiet abgedeckt werden.

In Polen wiederum herrscht bei der Grünflächenverfügbarkeit und bei der Grünflächenerreichbarkeit ein stark superlineares Wachstum. Daraus resultiert, dass sowohl bei der Verfügbarkeit als auch bei der Erreichbarkeit kleine polnische Städte gegenüber großen Städten benachteiligt sind. Obwohl in großen Städten mehr Grünflächen zu finden sind werden zwar grundsätzlich auch mehr Menschen damit erreicht, jedoch nicht proportional zur Verfügbarkeit. Gründe dafür sind zum einen eine schlechtere räumliche Verteilung der Grünflächen, sowie eine geringere Bevölkerungsdichte der polnischen Städte. Die wie in Kapitel 3.1.3 gezeigte größenspezifische Anordnung der Grünflächen könnte sich hier in Polen zum Nachteil der Bevölkerung auswirken, da die vielen großen und wenig kleinen Grünflächen nicht von der gesamten Stadtbevölkerung erreicht werden können.

Mit dieser Differenz aus den beiden Koeffizienten können also zusätzliche Information aus den Ergebnissen abgeleitet werden. Zusammengefasst stellen sich daher grundsätzlich große Städte als grünflächeneffizienter dar, da proportional mehr Menschen von weniger Grünflächen profitieren. In Polen und Italien wird dagegen eine dieser Behauptung widersprüchliche Beziehung beobachtet.

5 Schlussfolgerungen und Resümee

Ziel dieser Forschungsarbeit war es das in der Fachliteratur breit gefächerte Thema Urban Green mithilfe Scaling-Laws aus neuen Blickwinkeln zu betrachten. Dafür wurden zum einen Landnutzungsdaten des European Urban Atlas sowie ESA-WorldCover Landbedeckungsdaten verwendet. Städte wurden hierfür nicht nach administrativen Grenzen, sondern nach einem objektiven auf Dichte und Bevölkerungszahl basierendem Konzept gebildet. Die Basis dafür lieferten global verfügbare Bevölkerungsdaten des GHSL.

Zu Beginn der Arbeit wurde die Relevanz von Grünflächen für städtische Strukturen diskutiert. Neben zahlreichen positiven gesundheitlichen und sozialfördernden Auswirkungen auf den Menschen tragen Grünflächen außerdem zu einem positiven Stadtklima bei, speichern Wasser, filtern Luftschadstoffe und gelten als Kohlenstoffsénke. Daher ist es unabdingbar urbanes Grün aus zwei Perspektiven zu sehen. Zum einen steht der Nutzen des Menschen im Fokus, worüber städtische Landnutzungskartierungen Auskunft geben. Zum anderen können Städte als spezielle Ökosysteme gesehen werden, welche Grünflächen benötigen um ihrer Bevölkerung, Mensch oder Tier, gesunde Lebensgrundlagen zu bieten. Informationen dafür werden aus Landbedeckungsdaten abgeleitet.

Anschließend wurden für die Arbeit notwendige Definitionen analysiert. Als nutzbare urbane Grünfläche werden jene Flächen einer Stadt angesehen, welche überwiegend Vegetation aufweisen, frei und kostenlos zugänglich sind und zusätzlich Erholungswert für Menschen bieten (z.B. Parks oder Wälder). Landwirtschaftliche Nutzflächen, wie Weidewiesen, nicht ganzjährig bestellte Äcker aber auch kostenpflichtige Freizeiteinrichtungen fallen nicht in diese Kategorie. Weiters herrscht in der Fachliteratur keine Eindeutigkeit über die notwendige Mindestgröße einer Grünfläche. Das Spektrum reicht hier von keiner Mindestgröße über mindestens 10 Hektar Ausdehnung bis zur Verwendung von CORINE-Landnutzungsdaten mit einer Mindestkartiereinheit von 25 Hektar. Als für das Ökosystem Stadt notwendiges Urbanes Grün wurden sämtliche Vegetationsflächen, außer nicht ganzjährig bestellte Äcker verwendet. Da auch zum Beispiel Straßenalleen maßgeblich zur Abschattung und somit zu einer Kühlung des Stadtklimas, als Filter von Luftschadstoffen und zu Speicherung von Kohlenstoff beitragen, wurde hier keine Mindestgröße berücksichtigt.

Mithilfe dieser Daten und Grünflächen- und Stadtdefinitionen konnten sogleich statistische Mittelwerte abgeleitet werden. Dafür wurde der Anteil der urbanen Grünfläche im Verhältnis zur Gesamtstadtfläche berechnet. Außerdem gibt der Grünflächen-pro-Kopf-Anteil an wieviel Quadratmeter Grünfläche jedem Stadtbewohner im Mittel zur Verfügung steht. Um Menschen

Erholungswert zu bieten, reicht das Vorhandensein von Grünflächen in einer Stadt nicht aus, da urbanes Grün auch von der Bevölkerung erreicht werden können muss. Die Erreichbarkeit von Urban Green wird in der Fachliteratur umseitig diskutiert. Auch in dieser Arbeit wurden dafür Distanzanalysen von Grünflächen zum Wohnort der Bevölkerung durchgeführt. Das Spektrum der Mindestgehdistanz reicht dabei von 100 bis 1000 Meter Gehdistanz vom Wohnort bis zur nächsten Grünfläche in einer Stadt.

Im Mittelpunkt dieser vorliegenden Forschungsarbeit stand der internationale Grünflächenvergleich von Kleinstädten und Großstädten in europäischen Ländern und das Identifizieren von dabei auftretenden Ungleichheiten. Dafür wurden Scaling-Laws verwendet, welche auf Wachstum von Systemen basieren und mit denen diese Ungleichgewichte besser herausgearbeitet werden können.

Mithilfe dieser angewandten Methodik konnten die zu Beginn definierten Forschungsfragen eindeutig beantwortet werden. Im Bezug zur **ersten Forschungsfrage** wurde sichtbar, inwiefern sich Städte in europäischen Ländern im internationalen Vergleich hinsichtlich ihres Grünflächenanteils voneinander unterscheiden. Schweden bietet seiner Bevölkerung mit Abstand am meisten Grünflächen, wohingegen südliche Länder wie Italien und Spanien aufgrund der geographischen Lage weniger für den Menschen erholsames urbanes Grün zur Verfügung stellen können. Während die Staaten Österreich, Polen und Deutschland dabei noch über dem Durchschnitt der beobachteten Länder liegen, befinden sich Frankreich und Großbritannien etwas unter diesem Wert. In Betrachtung der für das Ökosystem Stadt wertvolle Grünflächen sind jedoch in den Staaten Großbritannien, Deutschland und Polen die meisten Grünflächen zu finden. In den Städten dieser Länder gibt es also prinzipiell ein hohes Angebot an Vegetation, welches jedoch nicht in einem vergleichbaren Ausmaß von der Bevölkerung genutzt werden kann. Auch die Erkenntnisse über die Verteilung der Grünflächen und deren Größen tragen zur Interpretation der Ergebnisse bei. In den südlichen Ländern Italien und Spanien sind in hohem Maß kleinere Grünflächen zu finden, während in Deutschland und Polen weniger aber deutlich größere Grünflächen auffindbar sind. Die Gründe dafür liegen in den nationalen Stadtstrukturen, der Historie und den klimatologischen Bedingungen der Länder.

Hinsichtlich der **zweiten Forschungsfrage** in Bezug zur Erreichbarkeit wurde der Anteil der Stadtbevölkerung eines Landes ermittelt, welcher in Gehdistanz zu einer Grünfläche wohnt. Auch hier weisen die südlichen Länder Italien und Spanien, sowie aber auch Frankreich die geringsten Werte auf. In Schweden werden wiederum die höchsten Werte vermerkt, vor Polen, Deutschland, Österreich und Großbritannien.

Ob sich jedoch, wie in der **dritten Forschungsfrage** adressiert Kleinstädte oder Großstädte als grüner erweisen kann nicht einfach beantwortet werden. Bei ausschließlicher Betrachtung des Aufkommens von Vegetation, welche in positiver Weise zum Ökosystem Stadt beiträgt, werden in allen Ländern bis auf Italien und Polen sublineare Skalierungen mit der Bevölkerungszahl nachgewiesen. Je größer eine Stadt ist, desto weniger Grünfläche wird dort im Verhältnis erwartet. In dieser Betrachtungsweise könnten also in diesen Ländern Kleinstädte im Vergleich zu Großstädten als grüner betitelt werden. In Polen und Italien wird eine gegenteilige superlineare Skalierung vermerkt. Dort stellen sich Großstädte als grüner dar.

In Anbetracht des Vorkommens von für die Bevölkerung nutzbarer Grünfläche wurden in den Ländern Österreich, Frankreich und Deutschland eine gleichverteilte lineare Skalierungsbeziehung festgestellt. Dort sind Klein- und Großstädte in etwa gleich grün. Sublineare Skalierungen liegen in Schweden, Spanien und Großbritannien vor, während superlineare Skalierungen der nutzbaren Grünfläche mit der Bevölkerung wiederum in Italien und Polen festgestellt wurden. Dementgegen wurde jedoch ermittelt, dass in großen Städten im Zuge der Erreichbarkeit mehr Menschen von weniger Grünflächen profitieren, da in den Städten der Länder Österreich, Frankreich, Italien und Polen superlineare Grünflächenerreichbarkeitsbeziehungen bestätigt wurden. Diese Skalierungen stellen sich in den übrigen Ländern als zumindest linear, also als gleichverteilt dar. Innerhalb der Stadtgebiete, profitiert die Bevölkerung also von dem dichteren Zusammenleben durch kürzere Wege, woraus zumindest aus dieser Perspektive ein subjektives Gefühl von einer grüneren Stadt entstehen könnte.

Aufgrund der Vielseitigkeit der Definitionsmöglichkeiten von Grünflächen und der Erreichbarkeit der Bevölkerung zu diesen wurde zur Beantwortung der **vierten Forschungsfrage** systematisch untersucht, inwiefern sich Veränderungen der Grünflächenmindestgröße und der Maximalgehdistanz auf die Skalenkoeffizienten auswirken. Dabei wurde deutlich, dass ein Anstieg der Mindestgröße bei gleichbleibender Stadtanzahl im System zu einem Anstieg des Skalenkoeffizienten führt. Dadurch, dass jedoch bei einer stetigen Steigerung der Mindestgröße zwangsläufig kleinere Städte aus dem System fallen, da sie über keine Grünfläche mehr über dem jeweiligen Mindestwert verfügen, folgt beim Wegfallen einer Stadt ein Sinken des Koeffizienten.

Ein Vergrößern der Maximalgehdistanz der Bevölkerung zu einer Grünfläche führt dazu, dass mehr Menschen der Stadt berücksichtigt werden. Bei Distanzen über 500 Meter wird im Großteil aller Städte fast die gesamte Bevölkerung erfasst, wobei die präsentierte dynamisch-

lineare Distanzanalyse diese Ausprägung etwas dämpft. Durch einen Anstieg der Gehdistanz wird der Erreichbarkeitskoeffizient daher einem linearen Skalierungsregime angenähert, da die Gesamtstadtbevölkerung jener Bevölkerung gegenübergestellt wird, welche durch die Gehdistanz definiert Zugang zu Grünflächen hat. Dieser Bevölkerungsanteil entspricht bei niedrigen Mindestgrößen und großen Gehdistanzen oftmals der Gesamtstadtbevölkerung, woraus diese Annäherung zur Linearität entsteht.

Durch die Verwendung von Skalengesetzen, objektiven Stadtabgrenzungen und hochaufgelösten Landnutzungs- und Landbedeckungskartierungen konnten neue Erkenntnisse bezüglich des Themas Urban Green generiert werden. Im besonderen Fokus stand dabei der internationale Vergleich von Groß- und Kleinstädten europäischer Länder, wobei deutliche Ungleichheiten in der Verteilung, Verfügbarkeit und Erreichbarkeit von Grünflächen für die Bevölkerung festgestellt wurden. Durch die systematische Untersuchung der Parameter Grünflächenmindestgröße, sowie Maximalgehdistanz wurde deutlich, dass sich Veränderungen stark auf das Skalenmodell auswirken können. Dieses Resultat muss daher bei Untersuchungen von Sachverhalten mittels Skalengesetzen unbedingt berücksichtigt werden.

Die Resultate aus Kapitel 3.1.3 geben Auskunft über den Status quo der jeweiligen Stadt. Diese Ergebnisse können beispielsweise von Stadtplanern verwendet werden, um die Grünflächeneigenschaften ihrer Stadt zu bewerten und um Entscheidungen auf lokaler Ebene zu treffen. So könnten Stadtviertel mit zusätzlichen Grünflächen aufgewertet werden. Zusätzlich können Städte mit hohen Grünflächenanteilen die Ergebnisse mit Werbewert nutzen, da eine grüne Stadt als interessanter Wirtschaftsort und als attraktiver Lebensraum für gut ausgebildete Arbeitskräfte gilt. Die Skalenergebnisse aus Kapitel 4 hingegen können auf nationaler Ebene verwendet werden. So könnten zum Beispiel Ministerien, öffentliche Ämter und ähnliche Entscheidungsträger auf Basis dieser Erkenntnisse feststellen, ob Förderungen für urbane Grünflächen eher in Kleinstädte oder Großstädte fließen sollten.

Weiterführende Forschung könnte die urbane Grünflächenthematik mithilfe höher aufgelösten Bevölkerungsdaten aus einer genaueren Perspektive beleuchten. Dafür wäre es hilfreich die Bevölkerungsdaten des Rasters nicht mithilfe Landbedeckungsdaten zu disaggregieren, sondern auf Basis von Landnutzungsdaten. Zusätzlich wäre es sinnvoll, die Zusammenhänge der Entstehung dieser identifizierten Ungleichheiten zwischen den Ländern tiefer zu untersuchen. Mögliche Faktoren hierfür könnten sich aus der geschichtlichen Entwicklung, historischen Stadtplanungsmaßnahmen, klimatologischen Bedingungen oder kulturellem Einfluss eines Landes ergeben. Weiterführende Erkenntnisse könnten aus Case-Studies von

einzelnen Städten generiert werden. Dafür müssten Beispielstädte aus dem Datensatz einzeln betrachtet werden und aufgrund ihrer Historie, Kultur, Stadtgenese und ihres Klimas analysiert werden. Hier könnte die Frage geklärt werden, welcher von den oben genannten Faktoren am stärksten zur Grünflächenverteilung in den verschiedenen Ländern beiträgt. Auch die räumliche Verteilung der Grünflächen mithilfe *Landscape Metrics* könnte hier zu einem erweiterten Verständnis beitragen.

In Analysen mit einer derartig großen Anzahl an unterschiedlichen Ergebnissen ist es eine Herausforderung eine einheitliche Präsentation der Erkenntnisse zu erzielen. Für eine uniforme Betrachtung und Zusammenfassung der verschiedenen erzielten Ergebnisse könnten die Resultate in Form eines Index kombiniert werden. Dafür könnten jeweils aus Landnutzungs- und Landbedeckungsdaten die Grünflächenanteile einer Stadt zur Gesamtfläche, der Grünflächen-pro-Kopf Anteil, die Stellung im Skalenmodell, sowie das generelle Grünflächenniveau des Landes (Ordinatenabschnitt im Skalenplot) im Bezug zu dem gesamten Datensatz klassifiziert werden und anschließend in einem Schulnoten- oder Punktesystem zusammengefasst werden. Dafür kann beispielsweise auch eine Gewichtung der verschiedenen Ergebnisse implementiert werden. In einem Modell wiegt zum Beispiel der Grünflächenanteil, in einem anderen der Grünflächen-pro-Kopf Anteil mehr als die anderen Faktoren. Diese Werte werden anschließend in den Case-Studies oder für alle Städte präsentiert. Auch hier könnten wieder erweiterte Zusammenhänge und Korrelationen beobachtet werden.

Die Thematik Urban Green wird in der Fachliteratur weitgehend behandelt und bietet viele Möglichkeiten für verschiedenste Analysen. Aufgrund dieses überwältigenden Forschungspotentials wurde die hier vorliegende Arbeit auf eine Betrachtung internationaler Ungleichheiten mithilfe Skalengesetzen und verschiedenen digitalen Ressourcen limitiert. Abschließend konnten die am Beginn dieser Arbeit definierten Forschungsfragen mittels der durchgeführten Methodik und den zur Verfügung stehenden Geo- und Bevölkerungsdaten gänzlich beantwortet werden.

Literaturverzeichnis

Akuraju, V., Pradhan, P., Haase, D., Kropp, J. P., Rybski, D. (2020): Relating SDG11 indicators and urban scaling—An exploratory study. *Sustainable Cities and Society*, 52, 101853. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101853>.

Astell-Burt, T., Feng, X. & Kolt, G. S. (2014): Is neighborhood green space associated with a lower risk of type 2 diabetes? Evidence from 267,072 Australians. *Diabetes Care*, 37, S. 197-201.

Barcelona.de (2016): Barcelona in Zahlen. <https://www.barcelona.de/de/barcelona-statistiken.html>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Bettencourt, L. M., Lobo, J., Helbing, D., Kühnert, C., West, G. B. (2007): Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104(17), S. 7301-7306.

Bettencourt, L. M. (2013): The origins of scaling in cities. *science*, 340(6139), S. 1438-1441.

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999): Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29 (2), 293-301.

Britannica.com (2022): Paris. <https://www.britannica.com/place/Paris>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Copernicus (2017): Copernicus Land Monitoring Service – Local Component: Urban Atlas. https://land.copernicus.eu/user-corner/publications/ua-flyer/at_download/file. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Copernicus (2022a): CORINE Land Cover. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Copernicus (2022b): Urban Atlas. <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Copernicus (2017): Copernicus Land Monitoring Service – Local Component: Urban Atlas. https://land.copernicus.eu/user-corner/publications/ua-flyer/at_download/file. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Copernicus (2022a): CORINE Land Cover. <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Copernicus (2022b): Urban Atlas. <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

- Corbane, C., Florczyk, A., Pesaresi, M., Politis, P., Syrris, V. (2018): GHS-BUILT R2018A - GHS built-up grid, derived from Landsat, multitemporal (1975-1990-2000-2014). European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] doi: 10.2905/jrc-ghsl-10007 PID: <http://data.europa.eu/89h/jrc-ghsl-10007>.
- Cottineau, C., Hatna, E., Arcaute, E., Batty, M. (2017): Diverse cities or the systematic paradox of urban scaling laws. *Computers, environment and urban systems*, 63, S. 80-94. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.04.006>.
- Datacommons.org (2022a): Barcelona. <https://datacommons.org/place/wikidataId/Q1492?hl=de#>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.
- Datacommons.org (2022b): Paris. <https://datacommons.org/place/nuts/FR101?hl=de#>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.
- Degerickx, J., Hermy, M., Somers, B. (2020): Mapping functional urban green types using high resolution remote sensing data. *Sustainability*, 12(5), 2144. <https://doi.org/10.3390/su12052144>.
- Dijkstra, L., Poelman, H. (2014): Regional Working Paper 2014. A harmonised definition of cities and rural areas: the new degree of urbanisation. European Commission Directorate-General for Regional and Urban Policy: Working Paper.
- Dodiocat, D.H., O'Donovan, G., Dalton, A.M., Gray, L.J., Yates, T., Edwardson, C., Hill, S., Webb, D.R., Khunti, K., Davies, M.J., Jones, A.P. (2014): The association between neighbourhood greenspace and type 2 diabetes in a large cross-sectional study. *British Medical Journal Open*, 4, e006076.
- Dohr, K., Gspurning, J. Sulzer, W. (2014): Umfeld und Erreichbarkeit von urbanen Grünflächen mit öffentlichen Verkehrsmitteln in Istanbul. In: Strobl, J., Blaschke, T., Griesebner, G. & Zagel, B. (Hrsg.) *Angewandte Geoinformatik 2014*, 26: S. 436-444.
- European Environment Agency (2021): Glossary for urban green infrastructure. <https://www.eea.europa.eu/themes/sustainability-transitions/urban-environment/urban-green-infrastructure/glossary-for-urban-green-infrastructure>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.
- European Union (2020): Mapping Guide v6.2 for a European Urban Atlas. https://land.copernicus.eu/usercorner/technicallibrary/urban_atlas_2012_2018_mapping_guide. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

European Space Agency (2022): WorldCover's Objectives. <https://esa-worldcover.org/en/about/objectives>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Florczyk A.J., Corbane C., Ehrlich D., Freire S., Kemper T., Maffenini L., Melchiorri M., Pesaresi M., Politis P., Schiavina M., Sabo F., Zanchetta L., (2019): GHSL Data Package 2019, EUR 29788 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-76-13186-1, doi:10.2760/290498, JRC 117104.

Fragkias, M., Lobo, J., Strumsky, D., Seto, K. C. (2013): Does size matter? Scaling of CO₂ emissions and US urban areas. *PLoS One*, 8(6), e64727. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0064727>.

Fuller, R. A., Gaston, K. J. (2009): The scaling of green space coverage in European cities. *Biology letters*, 5(3), S. 352-355. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0010>.

Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martínez, D., Dadvand, P., Rojas-Rueda, D., Plasència, A., Nieuwenhuijsen, M. J. (2016): Residential green spaces and mortality: a systematic review. *Environment international*, 86, S. 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.013>.

Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martinez, D., Dadvand, P., Forn, J., Plasencia, A., Nieuwenhuijsen, M. J. (2015). Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, S. 4354-4379.

Gould, K.A., Lewis, T.L. (2016): Green Gentrification: Urban sustainability and the struggle for environmental justice. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315687322>.

Grazuleviciene, R., Vencloviene, J., Kubilius, R., Grizas, V., Dedele, A., Grazulevicienus, T., Ceponiene, I., Tamuleviciute-Prasciene, E., Nieuwenhuijsen, M. J., Jones, M., Gidlow, C. (2015): The Effect of Park and Urban Environments on Coronary Artery Disease Patients: A Randomized Trial. *BioMed Research International*, 2015, 9.

Jaganmohan, M., Knapp, S., Buchmann, C. M., Schwarz, N. (2016): The bigger, the better? The influence of urban green space design on cooling effects for residential areas. *Journal of environmental quality*, 45(1), S. 134-145.

Hamada, S., Ohta, T. (2010): Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. *Urban forestry & urban greening*, 9(1), S. 15-24.

- Handley, J., Pauleit, S., Slinn, P., Barber, A., Baker, M., Jones, C., Lindley, S. (2003): Accessible natural green space standards in towns and cities: a review and toolkit for their implementation. *English nature research reports*, S. 526.
- Hartig, T., Mitchell, R., De Vries, S., & Frumkin, H. (2014): Nature and health. *Annual review of public health*, 35, S. 207-228. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-032013-182443>.
- Heineberg, H. (2017): *Stadtgeographie*. Vol. 5. Aufl. UTB. Ferdinand Schöningh, Paderborn.
- Huang, Y., Yu, B., Zhou, J., Hu, C., Tan, W., Hu, Z., Wu, J. (2013): Toward automatic estimation of urban green volume using airborne LiDAR data and high resolution remote sensing images. *Frontiers of Earth Science*, 7(1), S. 43-54. <https://doi.org/10.1007/s11707-012-0339-6>.
- JRC (2022): GHSL Datasets information. <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/datasets.php>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.
- Kabisch, N., & Haase, D. (2014): Green justice or just green? Provision of urban green spaces in Berlin, Germany. *Landscape and urban planning*, 122, S. 129-139. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.016>.
- Kabisch, N., Strohbach, M., Haase, D., Kronenberg, J. (2016): Urban green space availability in European cities. *Ecological indicators*, 70, S. 586-596.
- Lafortezza, R., Carrus, G., Sanesi, G., Davies, C. (2009): Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(2), S. 97-108. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.02.003>.
- Lang, S., Schöpfer, E., Hölbling, D., Blaschke, T., Moeller, M., Jekel, T., Kloyber, E. (2008): Quantifying and qualifying urban green by integrating remote sensing, GIS, and social science method. In: *Use of landscape sciences for the assessment of environmental security* S. 93-105. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6594-1_6.
- Maas, J., Verheij, R. A., De Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F. G. & Groenewegen, P. P. (2009): Morbidity is related to a green living environment. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 63, S. 967-973.
- Mitchell, R., Popham, F. (2008): Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *Lancet*, 372, S. 1655-1560.

- Montero, E., Van Wolvelaer, J., Garzón, A. (2014): The European Urban Atlas. In: Manakos, I., Braun, M. (eds) *Land Use and Land Cover Mapping in Europe. Remote Sensing and Digital Image Processing*, vol 18. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7969-3_8.
- Openshaw, S. (1984): *The modifiable areal unit problem*. CAT- MOG 38. GeoBooks: Norwich, England.
- Poelman, H. (2018): *A walk to the park. Assessing access to green areas in Europe's cities*. WP 01/2018. Regional and Urban Policy.
- Roo, M. D., Kuypers, V. H. M., Lenzholzer, S. (2011): *The green city guidelines: techniques for a healthy liveable city*. The Green City.
- Schwarz K, Fragkias M, Boone CG, Zhou W, McHale M, Grove JM (2015): *Trees Grow on Money: Urban Tree Canopy Cover and Environmental Justice*. PLoS ONE 10(4): e0122051. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122051>.
- Selmi, W., Weber, C., Rivière, E., Blond, N., Mehdi, L., Nowak, D. (2016): *Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France*. *Urban forestry & urban greening*, 17, S. 192-201. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.04.010>.
- Seto, K. C., Fragkias, M., Güneralp, B., Reilly, M. K. (2011): *A meta-analysis of global urban land expansion*. PLoS one, 6(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023777>.
- Stadt Graz (2021): *Zahlen + Fakten: Bevölkerung, Bezirke, Wirtschaft, Geografie*. https://www.graz.at/cms/beitrag/10034466/7772565/Zahlen_Fakten_Bevoelkerung_Bezirke_Wirtschaft.html. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.
- Stadt Wien (2021a): *Bevölkerungsstand – Statistiken*. <https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/bevoelkerungsstand/>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.
- Stadt Wien (2021b): *Aktuelle Kennzahlen – Statistik*. <https://www.wien.gv.at/statistik/aktuell/>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.
- Stanners, D., & Bourdeau, P. (1995): *The urban environment*. *Europe's Environment: The Dobriš Assessment*. European Environment Agency, Copenhagen. S. 261-296.
- Strohbach, M. W., Arnold, E., Haase, D. (2012): *The carbon footprint of urban green space—A life cycle approach*. *Landscape and Urban Planning*, 104(2), S. 220-229. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.10.013>.

Sugiyama, T., Leslie, E., Giles-Corti, B., Owen, N. (2008): Associations of neighbourhood greenness with physical and mental health: do walking, social coherence and local social interaction explain the relationships? *Journal of Epidemiology and Community Health*, 62, e9.

Takano, T., Nakamura, K., Watanabe, M. (2002): Urban residential environments and senior citizens' longevity in megacity areas: the importance of walkable green spaces. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 56, S. 913-918.

Tomlin, C. D. (1994): Map algebra: one perspective. *Landscape and Urban Planning*, 30(1-2), S. 3-12. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)90063-9).

Triguero-Mas M., Dadvand P., Cirach M., Martinez D., Medina A., Mompert A., Basagana X., Grazuleviciene R., Nieuwenhuijsen M. J. (2015): Natural outdoor environments and mental and physical health: relationships and mechanisms. *Environment International*, 77, S. 35-41.

Umweltbundesamt (2022a): Bodenversiegelung.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-landoekosysteme/boden/boden-versiegelung#was-ist-bodenversiegelung>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Umweltbundesamt (2022): CORINE Land Cover.

<https://www.umweltbundesamt.at/umweltthemen/boden/rp-projekte/rp-corine>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs) (2021): Sustainable Cities and Human Settlements – SDG11. <https://sdgs.un.org/topics/sustainable-cities-and-human-settlements>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

United Nations (2018): World Urbanization Prospects. The 2018 Revision.

<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

Villeneuve, P. J., Jerret, M., G. Su, J., Burnett, R. T., Chen, H., Wheeler, A. J., Goldberg, M. S. (2012): A cohort study relating urban green space with mortality in Ontario, Canada. *Environmental Research*, 115, S. 51-58.

WIBIS Steiermark (2021): Einwohner. Steiermark, 13 Bezirke, Zeitreihe 2002-2021.

<https://wibis-steiermark.at/bevoelkerung/struktur/einwohner-gesamt/>. Zuletzt geprüft am 04.06.2022.

World Health Organization (2016): Urban green spaces and health (No. WHO/EURO: 2016-3352-43111-60341). World Health Organization. Regional Office for Europe.

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345751/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Wolch, J.R., Byrne, J., Newell, J. P. (2014): Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough', *Landscape and Urban Planning*, 125, S. 234-244, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>.

Wu, L., & Kim, S. K. (2021): Exploring the equality of accessing urban green spaces: A comparative study of 341 Chinese cities. *Ecological Indicators ELSEVIR*, 121, 107080. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107080>.

Wüstemann, H., Kalisch, D., Kolbe, J. (2017): Access to urban green space and environmental inequalities in Germany. *Landscape and Urban Planning*, 164, S. 124-131.

Zhang, B., Xie, G., Zhang, C., Zhang, J. (2012): The economic benefits of rainwater-runoff reduction by urban green spaces: A case study in Beijing, China. *Journal of environmental management*, 100, S. 65-71.

Appendix

Anhang 1: Grünflächenanalyseergebnisse aus Urban Atlas Daten mit statischen Erreichbarkeitsmodellen

Land	Stadt	Bevölkerung	Stadtfläche [ha]	Grünfläche [ha]	Bevölkerung 300 m	Bevölkerung 500 m
AT	Linz	200605	6705	731	135241	172844
AT	Vienna	1809002	34925	5881	1461066	1716482
AT	Salzburg	137479	4402	561	111060	133982
AT	Innsbruck	113207	2701	425	84784	104514
AT	Graz	261405	7303	676	170875	233232
AT	Klagenfurt	63976	2600	156	28864	45857
FR	Dunkirk	99312	4205	147	41967	65836
FR	Calais	73226	2803	86	28487	44276
FR	Boulogne-sur-Mer	74986	2202	167	45949	64644
FR	Lille	901715	23330	1271	501523	729807
FR	Lens	193532	8610	821	154232	184049
FR	Douai	63801	2903	257	36462	51849
FR	Valenciennes	85410	3203	235	45958	68161
FR	Arras	62667	2202	179	37188	51275
FR	Amiens	136479	4605	457	102209	119893
FR	Cherbourg	58328	2602	227	36089	48373
FR	Le Havre	172291	5705	584	106341	135253
FR	Rouen	313638	10410	1520	206266	273554
FR	Creil	66888	2202	362	54900	65411
FR	Reims	188375	5505	410	131319	166794
FR	Caen	136811	4204	332	89499	116621
FR	Metz	139789	4304	573	100654	128219
FR	Mantes-la-Jolie	72352	2001	166	48436	60446
FR	Meaux	56094	1901	351	31217	42066
FR	Lagny-sur-Marne	63928	2502	221	37462	50783
FR	Nancy	209229	5404	864	167556	200176
FR	Paris	9668742	160842	26359	6882341	8835461
FR	Strasbourg	409861	12410	1386	304333	374242
FR	Melun	85877	2502	434	67735	81078
FR	Chartres	66277	2902	265	40592	54236
FR	Brest	128167	4103	492	110930	122877
FR	Troyes	96400	3102	201	63797	87755
FR	Rennes	208569	4803	379	131590	181695
FR	Colmar	59636	2201	79	14010	26389
FR	Le Mans	141669	4903	311	72899	112405
FR	Orléans	170324	6004	528	128702	161013
FR	Lorient	71444	2401	105	35367	55658
FR	Mulhouse	172607	5503	486	106697	149085
FR	Belfort	58901	1801	256	33665	51015
FR	Angers	157308	4802	628	121665	150933
FR	Tours	201668	6803	820	139095	175656
FR	Dijon	198121	6103	579	142117	179965
FR	Besançon	108690	3701	577	81458	103194

FR	Nantes	425066	13306	1745	341988	408151
FR	Poitiers	87944	3301	210	46466	68711
FR	La Rochelle	71304	3100	190	49299	60931
FR	Annecy	100893	3000	498	88845	99930
FR	Limoges	129061	4800	624	85169	115990
FR	Clermont-Ferrand	181550	6101	604	124458	160879
FR	Lyon	1098910	22403	2652	764701	976326
FR	Chambéry	79973	2900	204	38485	61559
FR	Saint-Étienne	172734	4600	523	150806	168359
FR	Grenoble	335681	8200	1400	260485	326091
FR	Valence	75771	2999	195	42166	63986
FR	Bordeaux	566243	17599	1866	395107	515697
FR	Avignon	76522	3199	118	24229	39610
FR	Nimes	100024	3798	381	74019	92230
FR	Monaco	56147	899	17	5227	9807
FR	Nice	432989	11696	2693	334325	400416
FR	Montpellier	286705	6597	456	187072	252284
FR	Toulouse	619760	20693	1554	304203	456551
FR	Cannes	222926	7397	1069	163254	207670
FR	Aix-en-Provence	59474	2799	221	42579	54550
FR	Anglet	87355	3698	400	56910	75875
FR	Vitrolles	63167	3298	236	36712	50737
FR	Béziers	53955	1799	65	22935	37003
FR	Pau	110525	3898	364	65017	93651
FR	Marseille	869276	18892	2231	633427	784424
FR	Toulon	282385	9395	1019	189044	250900
FR	Perpignan	115707	4097	148	58415	81720
FR	Saint-Brieuc	57399	2902	313	31006	45258
FR	Angoulême	57752	3500	477	40818	53898
FR	Montbéliard	60580	3201	399	50141	59315
DE	Flensburg	79591	3808	527	57241	73165
DE	Kiel	188981	6513	1050	152451	182060
DE	Lübeck	150268	6312	633	78008	115819
DE	Bremerhaven	113120	4508	504	71622	94900
DE	Reinbek	80761	3005	593	67605	77281
DE	Hamburg	1583020	50699	6706	1111284	1372972
DE	Lüneburg	62418	2805	506	47818	59419
DE	Lemwerder	53374	2003	237	40704	51587
DE	Oldenburg	143446	6111	679	104379	135685
DE	Bremen	391050	15128	1326	249275	333659
DE	Delmenhorst	60152	2705	171	37919	53149
DE	Wolfsburg	59416	3105	444	38266	48940
DE	Potsdam	116798	4006	906	94544	112958
DE	Berlin	3265146	68017	10454	2282174	2950699
DE	Hanover	597680	21436	3870	441064	554253
DE	Osnabrück	105896	4507	609	76070	97692
DE	Brunswick	180420	7612	1227	136620	168433
DE	Hildesheim	66508	2504	272	48166	62071
DE	Magdeburg	192428	7712	761	124601	161570
DE	Bielefeld	214060	9114	1939	191613	212201
DE	Münster	207271	7812	1200	166833	202486
DE	Cottbus	67673	2804	305	40561	56610
DE	Paderborn	89674	3906	369	49932	74734
DE	Hamm	73794	3305	331	47892	67573

DE	Göttingen	91326	3004	304	65428	81452
DE	Halle (Saale)	185000	6409	998	133834	160655
DE	Hagen	247021	10715	2692	211162	243607
DE	Leipzig	455143	16323	3144	356779	428135
DE	Kassel	222833	8512	1011	148608	200618
DE	Dortmund	3440822	131096	22517	2793322	3293170
DE	Dusseldorf	748023	23033	3973	521110	665576
DE	Wuppertal	604834	24435	6409	506664	592167
DE	Remscheid	67948	2403	648	61964	67311
DE	Mönchengladbach	175679	6309	767	106625	149623
DE	Görlitz	55973	2203	152	25553	33170
DE	Dresden	510674	17624	2487	321124	437825
DE	Erfurt	139997	5107	573	102024	120382
DE	Jena	91617	2803	435	69852	89169
DE	Cologne	1442915	54074	9845	977942	1269599
DE	Gera	58325	2303	222	40828	52534
DE	Siegen	53587	2303	653	46188	51761
DE	Chemnitz	167864	6608	976	130959	160256
DE	Duren	61929	2803	299	42142	56967
DE	Aachen	231172	8911	910	160222	204699
DE	Bonn	399241	14619	2025	289399	372957
DE	Zwickau	55867	2703	365	47539	54970
DE	Gießen	59596	2603	381	43694	55583
DE	Fulda	54348	2403	254	35548	48751
DE	Koblenz	81836	3404	409	57049	70983
DE	Frankfurt am Main	944352	29635	4458	706723	878117
DE	Mörfelden-Walldorf	74585	2603	695	31245	45100
DE	Wiesbaden	405088	12814	1119	249929	334402
DE	Rüsselsheim am Main	83230	3403	393	52453	67956
DE	Aschaffenburg	81655	3904	698	60077	77078
DE	Bayreuth	56204	2002	171	38533	52143
DE	Bamberg	65740	2602	333	40353	55137
DE	Darmstadt	109407	3503	727	85485	102958
DE	Würzburg	121030	4905	737	100548	116685
DE	Trier	62774	2502	422	47408	58031
DE	Erlangen	87103	3803	721	65292	80474
DE	Kaiserslautern	54697	2502	644	46438	52950
DE	Mannheim	462131	19019	1991	265229	370426
DE	Nuremberg	591865	19119	2860	383950	492601
DE	Heidelberg	196382	6606	673	107748	150688
DE	Saarbruecken	146051	6506	1745	130445	141549
DE	Heilbronn	120901	5104	293	50272	82621
DE	Karlsruhe	278016	11110	2703	229073	270399
DE	Regensburg	132478	5605	500	98416	115816
DE	Pforzheim	85702	3202	758	65265	81355
DE	Ingolstadt	93301	4103	425	60336	80707
DE	Stuttgart	1001569	35030	6241	717886	893176
DE	Sindelfingen	75188	2602	505	48508	60611
DE	Göppingen	62778	2502	166	35889	51819
DE	Echterdingen	100276	4904	545	60035	78066
DE	Landshut	63896	2602	283	39249	52306

DE	Tübingen	54946	1801	366	48666	54432
DE	Reutlingen	114794	4903	575	66945	97895
DE	Ulm	103314	4303	563	73325	90320
DE	Augsburg	309048	9907	1302	216437	275156
DE	Munich	1573462	34925	6121	1121131	1438214
DE	Freiburg im Breisgau	179679	4903	957	146887	174086
DE	Rosenheim	64920	2501	470	49652	59437
DE	Kempten (Allgäu)	61713	2501	229	38986	54924
DE	Constance	77505	2401	204	33367	53681
IT	Bolzano - Bozen	101549	1700	230	68295	90424
IT	Trento	77259	1900	223	62825	75300
IT	Udine	85372	2800	174	40428	61913
IT	Pordenone	58234	2000	182	35380	46488
IT	Lecco	54027	1600	398	44273	52681
IT	Varese	85805	3300	929	76660	85675
IT	Como	69743	2200	765	54779	65820
IT	Bergamo	339092	12801	760	221333	251620
IT	Treviso	75648	2700	145	45797	66987
IT	Triest	175882	2900	461	162634	175348
IT	Gallarate	132430	6500	676	85898	100114
IT	Busto Arsizio	288266	10701	897	174196	244066
IT	Vicenza	84463	2200	180	61467	78580
IT	Brescia	188188	5300	563	150452	181778
IT	Mestre	152022	3400	286	139377	151272
IT	Novara	87563	2000	118	49557	76288
IT	Venice	53943	1000	36	37785	48773
IT	Verona	199593	4500	320	160076	189141
IT	Padua	186501	5200	258	144773	175326
IT	Vigevano	52860	1200	40	17987	35237
IT	Pavia	59296	2000	286	53617	58379
IT	Cremona	54441	1200	104	47295	54075
IT	Turin	1115853	16100	2043	1009830	1109404
IT	Piacenza	85277	1799	117	62043	74426
IT	Asti	53751	999	61	31232	41391
IT	Alessandria	62077	1299	117	46127	57982
IT	Ferrara	88513	2699	204	69349	83824
IT	Parma	136055	2899	211	103929	126835
IT	Reggio nell'Emilia	105556	2399	132	77771	97398
IT	Modena	141633	2899	335	127189	140747
IT	Bologna	414161	8498	1090	353001	402648
IT	Genoa	534119	8498	1914	443302	514518
IT	Ravenna	81562	2199	67	46895	70777
IT	Savona	60786	1299	165	57493	60616
IT	Forlì	79518	2199	102	50565	69180
IT	La Spezia	80805	1699	396	70036	80235
IT	Rimini	98024	2399	74	35807	55354
IT	Pesaro	62390	1299	99	39875	51767
IT	Prato	176095	4398	145	98920	149304
IT	Florence	418711	8597	730	335605	402107
IT	Pisa	62931	1799	55	40114	54418
IT	Ancona	72261	1599	158	63597	72130
IT	Livorno	142879	2199	81	78271	122813

IT	Arezzo	55219	1199	126	49740	54293
IT	Perugia	58184	1699	175	52704	56875
IT	Grosseto	59794	1299	115	50693	58075
IT	Terni	86485	2298	97	45002	61866
IT	Pescara	164982	4497	206	85827	131260
IT	Acilia	110385	3097	183	64677	85251
IT	Lido di Ostia	76053	999	144	65674	75437
IT	Anzio	77853	2997	134	23616	35713
IT	Foggia	130132	1598	88	116531	128698
IT	Latina	71828	1498	94	49330	63567
IT	Barletta	88720	799	28	66422	82482
IT	Trani	53682	799	15	31135	47695
IT	Cerignola	50786	799	15	18906	26683
IT	Andria	96742	1198	33	42053	61656
IT	Molfetta	56531	699	25	40226	55054
IT	Bari	234735	3696	190	186941	227019
IT	Avellino	63787	1698	695	63106	63787
IT	San Giuseppe Vesuviano	58179	1798	219	25623	36735
IT	Altamura	65993	699	25	42872	62272
IT	Sassari	88583	1698	79	51460	74330
IT	Salerno	145704	3196	620	113247	138035
IT	Brindisi	67785	1098	52	47352	62823
IT	Battipaglia	59791	1498	40	29490	41823
IT	Lecce	79155	1798	65	44727	65245
IT	Cosenza	86792	2396	421	62140	81493
IT	Cagliari	247227	5392	293	165525	218823
IT	Messina	178922	3394	101	53257	95488
IT	Reggio Calabria	107481	2196	64	63407	90553
IT	Palermo	661435	10982	552	442151	560712
IT	Bagheria	54078	898	6	18707	34659
IT	Trapani	75278	1297	22	20698	38319
IT	Acireale	114185	4292	583	69244	93554
IT	Catania	452055	10681	175	171044	281861
IT	Syracuse	90993	1796	25	22485	44267
IT	Gela	71129	1097	33	33915	54730
IT	Ragusa	52250	998	62	27129	40121
IT	Milan	2865567	65407	5571	1958836	2575307
IT	Rome	2333504	47564	4319	1565879	2007007
IT	Caserta	242474	6094	214	57348	87521
IT	Massa	119356	6398	398	38928	50448
IT	Tivoli	74301	2198	45	31801	49413
IT	Naples	3167628	89812	4712	1768514	2392056
IT	Bisceglie	53171	999	18	22450	34000
IT	Taranto	132437	5594	159	111539	127423
PL	Wejherowo	56854	1703	425	41283	53972
PL	Gdansk	585781	17938	3564	398164	482548
PL	Koszalin	96057	2605	453	84244	91371
PL	Gronowo Górne	51260	501	54	44134	51002
PL	Tczew	56927	1603	78	25092	38060
PL	Elk	57815	1603	194	23172	33874
PL	Olsztyn	146540	3807	740	116049	132908
PL	Szczecin	269564	7815	1016	170392	230922
PL	Zdroje	54834	1703	444	40062	50314

PL	Piła	56751	2103	305	40582	49721
PL	Bydgoszcz	323132	8916	2196	255275	307693
PL	Białystok	289108	7313	1196	207744	263171
PL	Toruń	171410	5710	1130	134173	157894
PL	Inowrocław	64533	1903	123	34223	48817
PL	Gorzów Wielkopolski	92997	2905	514	84301	90871
PL	Kruszyn	59476	1502	107	16994	29855
PL	Płock	64665	2304	395	59876	64108
PL	Gniezno	61239	2304	288	45594	55350
PL	Legionowo	55727	1602	292	48719	54993
PL	Poznan	524623	17930	3403	400471	480182
PL	Warsaw	1790652	42470	6965	1186768	1518951
PL	Leszno	56548	1802	122	42735	51382
PL	Kalisz	78648	2604	124	43485	61018
PL	Lodz	606717	14322	2307	437601	551008
PL	Ostrów Wielkopolski	57821	2103	64	25090	40561
PL	Pabianice	62377	1902	89	36886	50612
PL	Tomaszów Mazowiecki	50436	1802	223	33634	46237
PL	Lubin	70269	1602	207	51166	63305
PL	Radom	163602	4807	274	105648	139788
PL	Lublin	324592	9012	917	215092	263656
PL	Legnica	66987	2002	164	43006	56319
PL	Chełm	52369	2002	104	23875	36066
PL	Wroclaw	526175	15021	1392	316772	444675
PL	Ostrowiec Świętokrzyski	58280	2403	421	48502	57651
PL	Jelenia Góra	57995	1902	134	36908	49166
PL	Kielce	153180	4606	601	84668	116238
PL	Świdnica	52833	1502	119	22622	31037
PL	Częstochowa	177021	7109	523	103177	147017
PL	Wałbrzych	182741	4806	1227	140760	169535
PL	Opole	80976	3604	289	44247	61756
PL	Katowice	1473725	55567	12264	1265399	1425621
PL	Tychy	106121	3604	499	67080	83544
PL	Rybnik	81752	4004	415	53405	65727
PL	Rzeszów	180649	4705	344	113964	153948
PL	Krakow	661488	17920	2223	512749	590353
PL	Bielsko-Biała	136557	5205	525	96950	127148
PL	Nowy Sącz	68059	2402	210	36519	52435
ES	Avilés	81507	2299	277	60288	76064
ES	Gijón	225311	4898	355	155151	189354
ES	Ferrol	52288	2099	179	40111	48965
ES	Santander	198821	5198	318	153942	179236
ES	Oviedo	170938	2998	312	143144	163654
ES	A Coruña	241376	5197	631	137924	190555
ES	Torrelavega	53403	1699	113	28692	40944
ES	Irun	73987	2099	167	48234	59636
ES	Donostia / San Sebastián	214189	4498	1268	204656	214141
ES	Bilbao	773942	12894	1801	636833	737066
ES	Vitoria-Gasteiz	203953	4197	494	144624	167802

ES	Pamplona	296706	5397	785	279067	293757
ES	León	139285	3497	184	86438	111833
ES	Logroño	142407	3198	249	105391	124500
ES	Ourense	67615	1798	249	57899	66580
ES	Burgos	117068	3297	516	92472	104745
ES	Vigo	258715	8094	1226	206992	241965
ES	Palencia	67072	1299	110	53101	61791
ES	Girona	132091	2897	523	98493	118699
ES	Manresa	70049	1898	144	44350	57494
ES	Zaragoza	495286	9792	1031	345241	415180
ES	Lleida	97711	2497	217	59110	80326
ES	Valladolid	290189	6694	849	239206	273653
ES	Igualada	52772	1398	153	46126	51635
ES	Mataró	118472	1998	277	69300	96904
ES	Barcelona	3821100	55353	5989	2001686	2819013
ES	Vilanova i la Geltrú	66448	2397	102	34720	51507
ES	Reus	85352	1998	121	69194	81535
ES	Tarragona	108432	2697	182	59765	78698
ES	Salamanca	143827	2897	161	69451	110174
ES	Guadalajara	72189	1698	299	58030	64226
ES	Collado Villalba	60096	1398	51	41414	56467
ES	Alcalá de Henares	185373	4295	376	142317	165436
ES	Madrid	4896440	78314	12040	3891313	4508213
ES	Talavera de la Reina	52761	1697	76	23636	36284
ES	Castellón de la Plana	158995	4494	126	76591	97773
ES	Palma de Mallorca	367897	8688	811	234220	289941
ES	Cáceres	55754	1697	136	50219	53731
ES	Valencia	1306344	26066	1055	826610	1049466
ES	Albacete	93449	1897	116	69198	81960
ES	Ciudad Real	72752	1997	101	55180	61583
ES	Gandia	70661	1797	64	45821	59210
ES	Badajoz	77329	1997	231	62246	69386
ES	Benidorm	71956	2995	502	53053	66201
ES	Alacant / Alicante	303583	9784	483	179039	235501
ES	Elx / Elche	79691	3594	276	44738	54795
ES	Torre Vieja	69135	2495	92	45895	59176
ES	Murcia	347271	13577	326	145227	204132
ES	Córdoba	185599	3693	285	130104	160307
ES	Jaén	66399	1197	61	30966	45512
ES	Cartagena	72646	2795	213	50832	59978
ES	Seville	865710	16869	1220	529908	726535
ES	Dos Hermanas	67867	2295	89	31293	47863
ES	Huelva	109463	2196	134	75834	91672
ES	Granada	355832	7785	268	207758	281282
ES	Almeria	162358	5090	147	99538	120932
ES	Jerez	130147	3692	276	107598	118199
ES	Málaga	686822	15669	661	433081	559560
ES	Fuengirola	93450	1896	30	47991	71878
ES	Cadiz	111685	1397	39	71538	87421
ES	San Fernando	80042	1197	44	57795	73741

SE	Uppsala	109327	3511	679	95581	105184
SE	Västerås	85098	3310	629	70529	80794
SE	Örebro	87594	3109	722	84243	86993
SE	Stockholm	1259381	33005	9335	1205674	1253892
SE	Södertälje	51672	2407	708	51140	51671
SE	Västerhanige	93414	3912	1257	85628	92691
SE	Norrköping	64192	2607	421	55326	62540
SE	Linköping	82720	3009	757	77667	81987
SE	Gothenburg	479262	15945	5193	442160	465999
SE	Helsingborg	83588	3308	520	70685	79590
SE	Lund	76565	2405	496	74945	76493
SE	Malmö	276424	6415	862	241376	266406
UK	Belfast	457666	16335	1879	361422	432629
UK	Bangor	56166	2004	143	35799	47974
UK	Greenock	62832	3007	371	54986	60878
UK	Plymouth	264044	8810	1013	193616	241297
UK	Glasgow	948336	30575	4708	861581	939085
UK	Swansea	142870	6009	1146	130517	140472
UK	East Kilbride	68824	2205	357	64581	68389
UK	Neath	79448	5608	794	69765	75245
UK	Hamilton	64493	2004	386	60284	64414
UK	Wishaw	118722	5012	878	110602	118419
UK	Coatbridge	83746	2907	472	80789	83724
UK	Exeter	106236	3104	235	72162	94596
UK	Larbert	57671	2205	343	51276	57263
UK	Livingston	54050	2105	596	53590	53952
UK	Cardiff	369086	10916	1065	283193	332222
UK	Edinburgh	465555	12330	1775	402583	457004
UK	Liverpool	1273969	41881	4562	1036598	1238072
UK	Newport	115139	5708	490	65111	90219
UK	Weston-super-Mare	79110	2804	203	53194	72872
UK	Blackpool	214432	7515	214	86409	132290
UK	Southport	72183	2204	126	40413	61758
UK	Ellesmere Port	59752	2905	316	54191	59406
UK	Chester	80050	2705	210	70857	79020
UK	Dundee	153009	6216	726	113800	139130
UK	Bristol	603351	16925	1751	426262	558311
UK	Preston	224505	7915	696	131265	179861
UK	Atherton	133495	5109	438	92934	121191
UK	Blackburn	143307	4509	462	108610	137246
UK	Manchester	2202600	67431	8192	1706831	2089681
UK	Crewe	71916	2404	150	52389	64747
UK	Rishton	61865	2204	330	52167	60743
UK	Bury	76802	2905	374	61763	72364
UK	Burnley	133796	4709	526	113378	129510
UK	Stoke-on-Trent	322482	11821	1902	292696	319131
UK	Worcester	98365	3004	265	72889	91976
UK	Birmingham	2426844	66915	6877	1574334	2139366
UK	Cheltenham	109056	2904	162	62582	90353
UK	Bournemouth	359103	12416	1281	256569	329564
UK	Aberdeen	190327	5715	531	150006	182363
UK	Great Wyrley	82753	3205	356	59152	72571
UK	Keighley	54237	1803	163	43218	50655

UK	Huddersfield	285029	11322	1747	260605	281908
UK	Leeds	1309503	47295	4645	969823	1215564
UK	Fazeley	73405	2404	229	49860	65746
UK	Newcastle upon Tyne	754546	24155	2590	554168	700572
UK	Warwick	91129	2804	176	67064	84430
UK	Coventry	428117	12621	1369	335914	405722
UK	Southampton	340122	11415	1680	277499	329230
UK	Sheffield	710273	24747	3797	595115	693464
UK	Derby	258691	8315	466	147196	219725
UK	Harrogate	66977	2004	109	36095	55562
UK	Cudworth	110933	5110	507	81299	105036
UK	Wath upon Dearne	88674	4007	378	57904	74075
UK	Eastleigh	74373	2803	546	64133	73245
UK	Pontefract	85872	3907	211	41044	63463
UK	Middlesbrough	338352	16937	1862	296686	331130
UK	Nottingham	601048	17031	1715	440293	559534
UK	Oxford	161117	4607	493	124308	152148
UK	Rugby	73273	2504	168	52647	66913
UK	Mansfield	148945	6011	282	49322	63787
UK	Portsmouth	472030	16622	1194	333055	426604
UK	Loughborough	54860	1502	98	37004	48614
UK	Leicester	481222	12221	1198	366421	458328
UK	Hartlepool	85227	3608	182	56006	75792
UK	Reading	243972	7310	836	183277	214877
UK	Northampton	212532	6510	638	149030	194573
UK	Slough	153948	3605	49	20406	36235
UK	London	9609566	186679	23519	6552879	8635672
UK	Guildford	67484	2103	224	43388	53069
UK	Lincoln	108728	3807	410	88691	105382
UK	Brighton	420330	10814	477	201309	279943
UK	Hull	308905	10220	652	213109	279697
UK	St Albans	82762	2704	269	61057	79260
UK	Redhill	61208	2303	359	44252	57921
UK	Harlow	77714	2503	482	74803	77614
UK	Cambridge	136286	3706	467	110073	131559
UK	Royal Tunbridge Wells	62411	1802	312	51082	61765
UK	Basildon	99751	2804	389	87680	97885
UK	Chelmsford	101219	3104	202	66196	90378
UK	St Leonards	125028	4606	527	110285	122243
UK	Southend-on-Sea	251019	7511	666	138924	204606
UK	Colchester	112061	3705	469	74680	102206
UK	Ipswich	162035	4507	481	106296	146186
UK	Norwich	181041	5509	591	101230	144096

Anhang 2: Grünflächenanalyseergebnisse aus Urban Atlas Daten mit dynamischen Erreichbarkeitsmodellen

Land	Stadt	Bevölkerung	Stadtfläche [ha]	Grünfläche [ha]	Bevölkerung 300 m	Bevölkerung 500 m
AT	Linz	200605	6705	731	83790	126058
AT	Vienna	1809002	34925	5881	1037926	1392090
AT	Salzburg	137479	4402	561	72402	104432
AT	Innsbruck	113207	2701	425	53247	80152
AT	Graz	261405	7303	676	101099	159020
AT	Klagenfurt	63976	2600	156	16090	27417
FR	Dunkirk	99312	4205	147	22769	38663
FR	Calais	73226	2803	86	17002	27132
FR	Boulogne-sur-Mer	74986	2202	167	34822	54678
FR	Lille	901715	23330	1271	266297	434663
FR	Lens	193532	8610	821	99405	141663
FR	Douai	63801	2903	257	25742	39286
FR	Valenciennes	85410	3203	235	33584	51870
FR	Arras	62667	2202	179	22534	33195
FR	Amiens	136479	4605	457	60109	84969
FR	Cherbourg	58328	2602	227	26955	39243
FR	Le Havre	172291	5705	584	64977	94108
FR	Rouen	313638	10410	1520	135396	200532
FR	Creil	66888	2202	362	40454	56153
FR	Reims	188375	5505	410	80628	122008
FR	Caen	136811	4204	332	55826	82065
FR	Metz	139789	4304	573	74523	103283
FR	Mantes-la-Jolie	72352	2001	166	30101	42453
FR	Meaux	56094	1901	351	24088	34845
FR	Lagny-sur-Marne	63928	2502	221	24593	36123
FR	Nancy	209229	5404	864	119553	169052
FR	Paris	9668742	160842	26359	4548418	6702667
FR	Strasbourg	409861	12410	1386	200609	295401
FR	Melun	85877	2502	434	53606	72097
FR	Chartres	66277	2902	265	29160	41300
FR	Brest	128167	4103	492	76493	105606
FR	Troyes	96400	3102	201	35724	59044
FR	Rennes	208569	4803	379	81239	120578
FR	Colmar	59636	2201	79	8060	13910
FR	Le Mans	141669	4903	311	43074	75662
FR	Orléans	170324	6004	528	66200	104326
FR	Lorient	71444	2401	105	18548	33255
FR	Mulhouse	172607	5503	486	62221	97360
FR	Belfort	58901	1801	256	24702	40199
FR	Angers	157308	4802	628	75769	111206
FR	Tours	201668	6803	820	89558	124754
FR	Dijon	198121	6103	579	78231	118300
FR	Besançon	108690	3701	577	57410	82948
FR	Nantes	425066	13306	1745	219453	306251
FR	Poitiers	87944	3301	210	31134	49804
FR	La Rochelle	71304	3100	190	28667	41863
FR	Annecy	100893	3000	498	58954	79982

FR	Limoges	129061	4800	624	56374	87579
FR	Clermont-Ferrand	181550	6101	604	64147	97720
FR	Lyon	1098910	22403	2652	479601	665239
FR	Chambéry	79973	2900	204	24714	44198
FR	Saint-Étienne	172734	4600	523	92221	129275
FR	Grenoble	335681	8200	1400	165866	243437
FR	Valence	75771	2999	195	27888	45582
FR	Bordeaux	566243	17599	1866	244452	364910
FR	Avignon	76522	3199	118	16955	27733
FR	Nimes	100024	3798	381	43752	64593
FR	Monaco	56147	899	17	2203	3657
FR	Nice	432989	11696	2693	258754	323079
FR	Montpellier	286705	6597	456	97657	157409
FR	Toulouse	619760	20693	1554	201501	327053
FR	Cannes	222926	7397	1069	108975	151576
FR	Aix-en-Provence	59474	2799	221	23376	35416
FR	Anglet	87355	3698	400	41706	60100
FR	Vitrolles	63167	3298	236	24227	35886
FR	Béziers	53955	1799	65	11062	18800
FR	Pau	110525	3898	364	47720	74355
FR	Marseille	869276	18892	2231	403386	566043
FR	Toulon	282385	9395	1019	118840	177280
FR	Perpignan	115707	4097	148	34907	55436
FR	Saint-Brieuc	57399	2902	313	26140	38156
FR	Angoulême	57752	3500	477	29269	44552
FR	Montbéliard	60580	3201	399	32744	46851
DE	Flensburg	79591	3808	527	41526	62320
DE	Kiel	188981	6513	1050	117175	161487
DE	Lübeck	150268	6312	633	57037	91243
DE	Bremerhaven	113120	4508	504	45108	68133
DE	Reinbek	80761	3005	593	60364	74012
DE	Hamburg	1583020	50699	6706	825849	1149744
DE	Lüneburg	62418	2805	506	37549	52417
DE	Lemwerder	53374	2003	237	24454	39007
DE	Oldenburg	143446	6111	679	71831	108290
DE	Bremen	391050	15128	1326	166815	253485
DE	Delmenhorst	60152	2705	171	19826	30508
DE	Wolfsburg	59416	3105	444	30204	40899
DE	Potsdam	116798	4006	906	75889	102788
DE	Berlin	3265146	68017	10454	1690043	2385070
DE	Hanover	597680	21436	3870	331129	462762
DE	Osnabrück	105896	4507	609	58443	84747
DE	Brunswick	180420	7612	1227	105067	143274
DE	Hildesheim	66508	2504	272	32981	49624
DE	Magdeburg	192428	7712	761	76272	113863
DE	Bielefeld	214060	9114	1939	150615	192748
DE	Münster	207271	7812	1200	123074	166925
DE	Cottbus	67673	2804	305	28328	43557
DE	Paderborn	89674	3906	369	35591	56584
DE	Hamm	73794	3305	331	34181	52597
DE	Göttingen	91326	3004	304	44689	64383
DE	Halle (Saale)	185000	6409	998	103219	138072
DE	Hagen	247021	10715	2692	174689	224960
DE	Leipzig	455143	16323	3144	246542	354110

DE	Kassel	222833	8512	1011	116349	172834
DE	Dortmund	3440822	131096	22517	2249213	2940544
DE	Dusseldorf	748023	23033	3973	402214	571014
DE	Wuppertal	604834	24435	6409	408329	534292
DE	Remscheid	67948	2403	648	56736	65153
DE	Mönchengladbach	175679	6309	767	78792	118671
DE	Görlitz	55973	2203	152	15404	22841
DE	Dresden	510674	17624	2487	210456	314593
DE	Erfurt	139997	5107	573	68089	91789
DE	Jena	91617	2803	435	48216	71059
DE	Cologne	1442915	54074	9845	799809	1108081
DE	Gera	58325	2303	222	27556	41220
DE	Siegen	53587	2303	653	42436	51081
DE	Chemnitz	167864	6608	976	97532	136123
DE	Duren	61929	2803	299	28057	44990
DE	Aachen	231172	8911	910	100875	152952
DE	Bonn	399241	14619	2025	205766	301193
DE	Zwickau	55867	2703	365	35109	47466
DE	Gießen	59596	2603	381	28401	43498
DE	Fulda	54348	2403	254	25578	39333
DE	Koblenz	81836	3404	409	39433	54998
DE	Frankfurt am Main	944352	29635	4458	485202	694482
DE	Mörfelden-Walldorf	74585	2603	695	30005	44600
DE	Wiesbaden	405088	12814	1119	159814	241462
DE	Rüsselsheim am Main	83230	3403	393	34728	52289
DE	Aschaffenburg	81655	3904	698	47396	67468
DE	Bayreuth	56204	2002	171	24572	37695
DE	Bamberg	65740	2602	333	30754	45175
DE	Darmstadt	109407	3503	727	68962	95304
DE	Würzburg	121030	4905	737	77839	104828
DE	Trier	62774	2502	422	37460	53352
DE	Erlangen	87103	3803	721	43192	61172
DE	Kaiserslautern	54697	2502	644	33993	44446
DE	Mannheim	462131	19019	1991	175317	270262
DE	Nuremberg	591865	19119	2860	266653	381246
DE	Heidelberg	196382	6606	673	59208	95663
DE	Saarbruecken	146051	6506	1745	111301	132915
DE	Heilbronn	120901	5104	293	32329	55958
DE	Karlsruhe	278016	11110	2703	175636	237945
DE	Regensburg	132478	5605	500	65823	92571
DE	Pforzheim	85702	3202	758	51835	70061
DE	Ingolstadt	93301	4103	425	46271	67053
DE	Stuttgart	1001569	35030	6241	482744	684602
DE	Sindelfingen	75188	2602	505	38778	50167
DE	Göppingen	62778	2502	166	15668	27669
DE	Echterdingen	100276	4904	545	38658	53280
DE	Landshut	63896	2602	283	26961	36689
DE	Tübingen	54946	1801	366	44705	53560
DE	Reutlingen	114794	4903	575	38498	63990
DE	Ulm	103314	4303	563	55221	77572
DE	Augsburg	309048	9907	1302	143071	208754

DE	Munich	1573462	34925	6121	784348	1134706
DE	Freiburg im Breisgau	179679	4903	957	96605	136938
DE	Rosenheim	64920	2501	470	41112	53231
DE	Kempten (Allgäu)	61713	2501	229	27147	43205
DE	Constance	77505	2401	204	19791	33082
IT	Bolzano - Bozen	101549	1700	230	47594	70317
IT	Trento	77259	1900	223	35374	54035
IT	Udine	85372	2800	174	19352	32485
IT	Pordenone	58234	2000	182	23682	34462
IT	Lecco	54027	1600	398	29635	43648
IT	Varese	85805	3300	929	70960	84031
IT	Como	69743	2200	765	50296	64141
IT	Bergamo	339092	12801	760	109098	169239
IT	Treviso	75648	2700	145	22038	38459
IT	Triest	175882	2900	461	96644	136538
IT	Gallarate	132430	6500	676	50114	76012
IT	Busto Arsizio	288266	10701	897	91432	157082
IT	Vicenza	84463	2200	180	34682	52475
IT	Brescia	188188	5300	563	87015	130350
IT	Mestre	152022	3400	286	74652	112249
IT	Novara	87563	2000	118	23826	40891
IT	Venice	53943	1000	36	9087	13190
IT	Verona	199593	4500	320	83259	133891
IT	Padua	186501	5200	258	69984	112470
IT	Vigevano	52860	1200	40	5565	10887
IT	Pavia	59296	2000	286	42621	54745
IT	Cremona	54441	1200	104	26634	37027
IT	Turin	1115853	16100	2043	592655	841143
IT	Piacenza	85277	1799	117	33189	54980
IT	Asti	53751	999	61	16551	25867
IT	Alessandria	62077	1299	117	24546	41440
IT	Ferrara	88513	2699	204	39398	60427
IT	Parma	136055	2899	211	62881	96948
IT	Reggio nell'Emilia	105556	2399	132	48665	73864
IT	Modena	141633	2899	335	90727	125449
IT	Bologna	414161	8498	1090	232231	315320
IT	Genoa	534119	8498	1914	316644	424632
IT	Ravenna	81562	2199	67	16251	28949
IT	Savona	60786	1299	165	30674	45451
IT	Forlì	79518	2199	102	27244	47104
IT	La Spezia	80805	1699	396	59085	75949
IT	Rimini	98024	2399	74	24267	38568
IT	Pesaro	62390	1299	99	26386	42729
IT	Prato	176095	4398	145	33055	57270
IT	Florence	418711	8597	730	190740	279239
IT	Pisa	62931	1799	55	16505	26913
IT	Ancona	72261	1599	158	49057	62947
IT	Livorno	142879	2199	81	36490	68120
IT	Arezzo	55219	1199	126	38532	49433
IT	Perugia	58184	1699	175	31690	43469
IT	Grosseto	59794	1299	115	32114	45786
IT	Terni	86485	2298	97	28530	45691

IT	Pescara	164982	4497	206	38085	66423
IT	Acilia	110385	3097	183	40227	58867
IT	Lido di Ostia	76053	999	144	58398	71442
IT	Anzio	77853	2997	134	11864	18377
IT	Foggia	130132	1598	88	51647	84760
IT	Latina	71828	1498	94	30594	47031
IT	Barletta	88720	799	28	23256	40011
IT	Trani	53682	799	15	6378	12237
IT	Cerignola	50786	799	15	10957	18925
IT	Andria	96742	1198	33	20182	36004
IT	Molfetta	56531	699	25	10312	18477
IT	Bari	234735	3696	190	73456	119837
IT	Avellino	63787	1698	695	50915	59697
IT	San Giuseppe Vesuviano	58179	1798	219	16500	24738
IT	Altamura	65993	699	25	13983	23429
IT	Sassari	88583	1698	79	22823	38923
IT	Salerno	145704	3196	620	74530	107796
IT	Brindisi	67785	1098	52	19454	33648
IT	Battipaglia	59791	1498	40	9366	14982
IT	Lecce	79155	1798	65	18929	34272
IT	Cosenza	86792	2396	421	39223	58666
IT	Cagliari	247227	5392	293	91115	144065
IT	Messina	178922	3394	101	24589	49752
IT	Reggio Calabria	107481	2196	64	18335	30210
IT	Palermo	661435	10982	552	212028	335642
IT	Bagheria	54078	898	6	2044	3371
IT	Trapani	75278	1297	22	9987	18087
IT	Acireale	114185	4292	583	41580	63206
IT	Catania	452055	10681	175	50921	89506
IT	Syracuse	90993	1796	25	13939	30058
IT	Gela	71129	1097	33	16105	26916
IT	Ragusa	52250	998	62	16090	22773
IT	Milan	2865567	65407	5571	1164099	1744919
IT	Rome	2333504	47564	4319	1091341	1576434
IT	Caserta	242474	6094	214	25582	42807
IT	Massa	119356	6398	398	31806	45485
IT	Tivoli	74301	2198	45	11361	26742
IT	Naples	3167628	89812	4712	823648	1315955
IT	Bisceglie	53171	999	18	7776	14607
IT	Taranto	132437	5594	159	54125	80935
PL	Wejherowo	56854	1703	425	30156	43970
PL	Gdansk	585781	17938	3564	311159	411270
PL	Koszalin	96057	2605	453	63060	80846
PL	Gronowo Górne	51260	501	54	29448	43706
PL	Tczew	56927	1603	78	15137	23775
PL	Elk	57815	1603	194	18385	27766
PL	Olsztyn	146540	3807	740	95663	119410
PL	Szczecin	269564	7815	1016	122603	182192
PL	Zdroje	54834	1703	444	34937	46562
PL	Piła	56751	2103	305	33187	46196
PL	Bydgoszcz	323132	8916	2196	208249	282300
PL	Białystok	289108	7313	1196	146329	205310
PL	Toruń	171410	5710	1130	111567	143778

PL	Inowrocław	64533	1903	123	21893	35728
PL	Gorzów Wielkopolski	92997	2905	514	70868	84525
PL	Kruszyn	59476	1502	107	14343	22417
PL	Płock	64665	2304	395	43093	55758
PL	Gniezno	61239	2304	288	33578	47496
PL	Legionowo	55727	1602	292	36074	47718
PL	Poznan	524623	17930	3403	318807	412844
PL	Warsaw	1790652	42470	6965	994177	1331785
PL	Leszno	56548	1802	122	21044	32249
PL	Kalisz	78648	2604	124	22584	32939
PL	Lodz	606717	14322	2307	341676	480330
PL	Ostrów Wielkopolski	57821	2103	64	14447	24976
PL	Pabianice	62377	1902	89	16788	26114
PL	Tomaszów Mazowiecki	50436	1802	223	28459	41009
PL	Lubin	70269	1602	207	42231	56955
PL	Radom	163602	4807	274	58626	92268
PL	Lublin	324592	9012	917	172876	222661
PL	Legnica	66987	2002	164	29275	42882
PL	Chełm	52369	2002	104	18502	27619
PL	Wroclaw	526175	15021	1392	212826	323585
PL	Ostrowiec Świętokrzyski	58280	2403	421	38579	53300
PL	Jelenia Góra	57995	1902	134	21207	34082
PL	Kielce	153180	4606	601	68698	100195
PL	Świdnica	52833	1502	119	19925	28369
PL	Częstochowa	177021	7109	523	66333	102342
PL	Wałbrzych	182741	4806	1227	124850	149952
PL	Opole	80976	3604	289	29736	45137
PL	Katowice	1473725	55567	12264	1070517	1317745
PL	Tychy	106121	3604	499	54441	71040
PL	Rybnik	81752	4004	415	36502	52217
PL	Rzeszów	180649	4705	344	78577	119941
PL	Krakow	661488	17920	2223	403564	526938
PL	Bielsko-Biała	136557	5205	525	72343	106163
PL	Nowy Sącz	68059	2402	210	24588	35865
ES	Avilés	81507	2299	277	41185	58940
ES	Gijón	225311	4898	355	103385	147566
ES	Ferrol	52288	2099	179	20737	31428
ES	Santander	198821	5198	318	87638	126323
ES	Oviedo	170938	2998	312	90818	130171
ES	A Coruña	241376	5197	631	93744	141990
ES	Torrelavega	53403	1699	113	16385	26945
ES	Irun	73987	2099	167	25822	42303
ES	Donostia / San Sebastián	214189	4498	1268	162879	204532
ES	Bilbao	773942	12894	1801	436564	600152
ES	Vitoria-Gasteiz	203953	4197	494	115308	151191
ES	Pamplona	296706	5397	785	231822	276783
ES	León	139285	3497	184	44742	64110
ES	Logroño	142407	3198	249	73254	99619
ES	Ourense	67615	1798	249	41382	58198

ES	Burgos	117068	3297	516	75474	95465
ES	Vigo	258715	8094	1226	143739	194861
ES	Palencia	67072	1299	110	33042	45934
ES	Girona	132091	2897	523	66696	91307
ES	Manresa	70049	1898	144	26316	38702
ES	Zaragoza	495286	9792	1031	253266	350327
ES	Lleida	97711	2497	217	40548	61995
ES	Valladolid	290189	6694	849	177824	238584
ES	Igualada	52772	1398	153	31394	41279
ES	Mataró	118472	1998	277	49836	72553
ES	Barcelona	3821100	55353	5989	1340882	2050702
ES	Vilanova i la Geltrú	66448	2397	102	18119	29198
ES	Reus	85352	1998	121	35876	56678
ES	Tarragona	108432	2697	182	40638	60340
ES	Salamanca	143827	2897	161	35974	60227
ES	Guadalajara	72189	1698	299	50372	60835
ES	Collado Villalba	60096	1398	51	17827	31024
ES	Alcalá de Henares	185373	4295	376	98033	139257
ES	Madrid	4896440	78314	12040	3023915	3884005
ES	Talavera de la Reina	52761	1697	76	14518	23394
ES	Castellón de la Plana	158995	4494	126	39029	60272
ES	Palma de Mallorca	367897	8688	811	153267	212501
ES	Cáceres	55754	1697	136	31104	42416
ES	Valencia	1306344	26066	1055	471659	693585
ES	Albacete	93449	1897	116	44770	66456
ES	Ciudad Real	72752	1997	101	36304	51461
ES	Gandia	70661	1797	64	30345	48068
ES	Badajoz	77329	1997	231	40270	54263
ES	Benidorm	71956	2995	502	40283	53549
ES	Alacant / Alicante	303583	9784	483	111029	162307
ES	Elx / Elche	79691	3594	276	33213	42729
ES	Torre Vieja	69135	2495	92	18587	29524
ES	Murcia	347271	13577	326	54100	85648
ES	Córdoba	185599	3693	285	92193	132483
ES	Jaén	66399	1197	61	18518	30528
ES	Cartagena	72646	2795	213	29869	43266
ES	Seville	865710	16869	1220	352054	534246
ES	Dos Hermanas	67867	2295	89	15570	26072
ES	Huelva	109463	2196	134	59226	78686
ES	Granada	355832	7785	268	93111	149997
ES	Almeria	162358	5090	147	35346	54521
ES	Jerez	130147	3692	276	71104	96933
ES	Málaga	686822	15669	661	229942	349032
ES	Fuengirola	93450	1896	30	10716	18808
ES	Cadiz	111685	1397	39	26502	40062
ES	San Fernando	80042	1197	44	26553	41195
SE	Uppsala	109327	3511	679	71805	91225
SE	Västerås	85098	3310	629	63565	76139
SE	Örebro	87594	3109	722	71551	83623
SE	Stockholm	1259381	33005	9335	1057608	1198123

SE	Södertälje	51672	2407	708	48921	51519
SE	Västerhanige	93414	3912	1257	80541	89195
SE	Norrköping	64192	2607	421	43944	54169
SE	Linköping	82720	3009	757	67979	76150
SE	Gothenburg	479262	15945	5193	403304	448457
SE	Helsingborg	83588	3308	520	61159	75523
SE	Lund	76565	2405	496	65666	74753
SE	Malmö	276424	6415	862	177978	228642
UK	Belfast	457666	16335	1879	257692	352821
UK	Bangor	56166	2004	143	23273	34446
UK	Greenock	62832	3007	371	45678	55617
UK	Plymouth	264044	8810	1013	159528	210950
UK	Glasgow	948336	30575	4708	681615	855669
UK	Swansea	142870	6009	1146	113218	132115
UK	East Kilbride	68824	2205	357	57327	65838
UK	Neath	79448	5608	794	61218	70153
UK	Hamilton	64493	2004	386	49177	60303
UK	Wishaw	118722	5012	878	89199	109889
UK	Coatbridge	83746	2907	472	62924	78910
UK	Exeter	106236	3104	235	42647	63411
UK	Larbert	57671	2205	343	34352	46594
UK	Livingston	54050	2105	596	52462	53942
UK	Cardiff	369086	10916	1065	198936	269468
UK	Edinburgh	465555	12330	1775	324086	423865
UK	Liverpool	1273969	41881	4562	682440	980059
UK	Newport	115139	5708	490	54243	75080
UK	Weston-super-Mare	79110	2804	203	30628	48360
UK	Blackpool	214432	7515	214	47324	79281
UK	Southport	72183	2204	126	17140	29832
UK	Ellesmere Port	59752	2905	316	32147	46442
UK	Chester	80050	2705	210	38325	56863
UK	Dundee	153009	6216	726	84890	115975
UK	Bristol	603351	16925	1751	310821	452562
UK	Preston	224505	7915	696	97861	140440
UK	Atherton	133495	5109	438	66343	96077
UK	Blackburn	143307	4509	462	72194	109258
UK	Manchester	2202600	67431	8192	1227245	1717862
UK	Crewe	71916	2404	150	33559	50298
UK	Rishton	61865	2204	330	44963	56938
UK	Bury	76802	2905	374	46545	60747
UK	Burnley	133796	4709	526	80761	110596
UK	Stoke-on-Trent	322482	11821	1902	236441	290554
UK	Worcester	98365	3004	265	47161	69899
UK	Birmingham	2426844	66915	6877	1193789	1787177
UK	Cheltenham	109056	2904	162	37613	62195
UK	Bournemouth	359103	12416	1281	179879	261722
UK	Aberdeen	190327	5715	531	99604	142292
UK	Great Wyrley	82753	3205	356	43691	61782
UK	Keighley	54237	1803	163	33283	45899
UK	Huddersfield	285029	11322	1747	196936	253477
UK	Leeds	1309503	47295	4645	684847	980685
UK	Fazeley	73405	2404	229	39716	57505

UK	Newcastle upon Tyne	754546	24155	2590	419216	600539
UK	Warwick	91129	2804	176	40311	60562
UK	Coventry	428117	12621	1369	244039	342405
UK	Southampton	340122	11415	1680	206771	274811
UK	Sheffield	710273	24747	3797	470927	620015
UK	Derby	258691	8315	466	87369	147215
UK	Harrogate	66977	2004	109	16283	28756
UK	Cudworth	110933	5110	507	53068	80948
UK	Wath upon Dearne	88674	4007	378	34313	52399
UK	Eastleigh	74373	2803	546	50014	64989
UK	Pontefract	85872	3907	211	23453	39420
UK	Middlesbrough	338352	16937	1862	246004	308033
UK	Nottingham	601048	17031	1715	281851	426931
UK	Oxford	161117	4607	493	95276	129935
UK	Rugby	73273	2504	168	37487	54537
UK	Mansfield	148945	6011	282	32032	52361
UK	Portsmouth	472030	16622	1194	224084	329979
UK	Loughborough	54860	1502	98	21142	31945
UK	Leicester	481222	12221	1198	242425	352367
UK	Hartlepool	85227	3608	182	39904	65267
UK	Reading	243972	7310	836	141985	192147
UK	Northampton	212532	6510	638	106265	144888
UK	Slough	153948	3605	49	5288	10464
UK	London	9609566	186679	23519	4563550	6900063
UK	Guildford	67484	2103	224	30256	43982
UK	Lincoln	108728	3807	410	52809	73449
UK	Brighton	420330	10814	477	151929	227460
UK	Hull	308905	10220	652	137764	207942
UK	St Albans	82762	2704	269	44475	68264
UK	Redhill	61208	2303	359	31411	47555
UK	Harlow	77714	2503	482	67193	75199
UK	Cambridge	136286	3706	467	81692	111997
UK	Royal Tunbridge Wells	62411	1802	312	38023	54293
UK	Basildon	99751	2804	389	70804	92771
UK	Chelmsford	101219	3104	202	37564	59109
UK	St Leonards	125028	4606	527	82506	105843
UK	Southend-on-Sea	251019	7511	666	81715	128474
UK	Colchester	112061	3705	469	60713	86695
UK	Ipswich	162035	4507	481	75255	113290
UK	Norwich	181041	5509	591	75869	116781

Anhang 3: Grünflächenanalyseergebnisse aus ESA-WorldCover Daten

Land	Stadt	Bevölkerung	Stadtfläche [ha]	Grünfläche [ha]
AT	Linz	200605	6705	2610
AT	Vienna	1809002	34925	15120
AT	Salzburg	137479	4402	2491
AT	Innsbruck	113207	2701	1296
AT	Graz	261405	7303	3281
AT	Klagenfurt	63976	2600	1023
FR	Dunkirk	99312	4205	1662
FR	Calais	73226	2803	1100
FR	Boulogne-sur-Mer	74986	2202	960
FR	Lille	901715	23330	10965
FR	Lens	193532	8610	4638
FR	Douai	63801	2903	1526
FR	Valenciennes	85410	3203	1543
FR	Arras	62667	2202	1082
FR	Amiens	136479	4605	2218
FR	Cherbourg	58328	2602	1352
FR	Le Havre	172291	5705	1976
FR	Rouen	313638	10410	5545
FR	Creil	66888	2202	1049
FR	Reims	188375	5505	2002
FR	Caen	136811	4204	2164
FR	Metz	139789	4304	2018
FR	Mantes-la-Jolie	72352	2001	871
FR	Meaux	56094	1901	1016
FR	Lagny-sur-Marne	63928	2502	1351
FR	Nancy	209229	5404	2508
FR	Paris	9668742	160842	79202
FR	Strasbourg	409861	12410	4839
FR	Melun	85877	2502	1281
FR	Chartres	66277	2902	1316
FR	Brest	128167	4103	2082
FR	Troyes	96400	3102	1184
FR	Rennes	208569	4803	2362
FR	Colmar	59636	2201	737
FR	Le Mans	141669	4903	1993
FR	Orléans	170324	6004	2756
FR	Lorient	71444	2401	988
FR	Mulhouse	172607	5503	2424
FR	Belfort	58901	1801	903
FR	Angers	157308	4802	2283
FR	Tours	201668	6803	3109
FR	Dijon	198121	6103	2252
FR	Besançon	108690	3701	2047
FR	Nantes	425066	13306	6562
FR	Poitiers	87944	3301	1544
FR	La Rochelle	71304	3100	946
FR	Annecy	100893	3000	1483
FR	Limoges	129061	4800	2602
FR	Clermont-Ferrand	181550	6101	2416
FR	Lyon	1098910	22403	8474

FR	Chambéry	79973	2900	1531
FR	Saint-Étienne	172734	4600	2168
FR	Grenoble	335681	8200	3622
FR	Valence	75771	2999	723
FR	Bordeaux	566243	17599	7219
FR	Avignon	76522	3199	1190
FR	Nimes	100024	3798	1561
FR	Monaco	56147	899	418
FR	Nice	432989	11696	5892
FR	Montpellier	286705	6597	2581
FR	Toulouse	619760	20693	8663
FR	Cannes	222926	7397	3500
FR	Aix-en-Provence	59474	2799	1559
FR	Anglet	87355	3698	1697
FR	Vitrolles	63167	3298	936
FR	Béziers	53955	1799	475
FR	Pau	110525	3898	2123
FR	Marseille	869276	18892	7597
FR	Toulon	282385	9395	3272
FR	Perpignan	115707	4097	991
FR	Saint-Brieuc	57399	2902	1674
FR	Angoulême	57752	3500	1865
FR	Thionville	79166	4504	2072
FR	Montbéliard	60580	3201	1579
DE	Flensburg	79591	3808	2443
DE	Kiel	188981	6513	4267
DE	Lübeck	150268	6312	3637
DE	Bremerhaven	113120	4508	2057
DE	Reinbek	80761	3005	2088
DE	Hamburg	1583020	50699	31569
DE	Lüneburg	62418	2805	1710
DE	Lemwerder	53374	2003	1194
DE	Oldenburg	143446	6111	4093
DE	Bremen	391050	15128	8266
DE	Delmenhorst	60152	2705	1675
DE	Wolfsburg	59416	3105	1525
DE	Potsdam	116798	4006	2436
DE	Berlin	3265146	68017	41121
DE	Hanover	597680	21436	12151
DE	Osnabrück	105896	4507	2464
DE	Brunswick	180420	7612	4236
DE	Hildesheim	66508	2504	1324
DE	Magdeburg	192428	7712	3833
DE	Bielefeld	214060	9114	5615
DE	Münster	207271	7812	4399
DE	Cottbus	67673	2804	1628
DE	Paderborn	89674	3906	2141
DE	Hamm	73794	3305	1725
DE	Göttingen	91326	3004	1505
DE	Halle (Saale)	185000	6409	3441
DE	Hagen	247021	10715	6924
DE	Leipzig	455143	16323	8975
DE	Kassel	222833	8512	4729
DE	Dortmund	3440822	131096	77100

DE	Dusseldorf	748023	23033	12184
DE	Wuppertal	604834	24435	16838
DE	Remscheid	67948	2403	1542
DE	Mönchengladbach	175679	6309	3240
DE	Görlitz	55973	2203	1228
DE	Dresden	510674	17624	10042
DE	Erfurt	139997	5107	2263
DE	Jena	91617	2803	1754
DE	Cologne	1442915	54074	28428
DE	Gera	58325	2303	1305
DE	Siegen	53587	2303	1474
DE	Chemnitz	167864	6608	4029
DE	Duren	61929	2803	1351
DE	Aachen	231172	8911	5210
DE	Bonn	399241	14619	8494
DE	Zwickau	55867	2703	1461
DE	Gießen	59596	2603	1474
DE	Fulda	54348	2403	1173
DE	Koblenz	81836	3404	1440
DE	Frankfurt am Main	944352	29635	14816
DE	Mörfelden-Walldorf	74585	2603	1205
DE	Wiesbaden	405088	12814	6097
DE	Rüsselsheim am Main	83230	3403	1297
DE	Aschaffenburg	81655	3904	2112
DE	Bayreuth	56204	2002	984
DE	Bamberg	65740	2602	1107
DE	Darmstadt	109407	3503	1721
DE	Würzburg	121030	4905	2591
DE	Trier	62774	2502	1217
DE	Erlangen	87103	3803	2059
DE	Kaiserslautern	54697	2502	1252
DE	Mannheim	462131	19019	7130
DE	Nuremberg	591865	19119	8185
DE	Heidelberg	196382	6606	2714
DE	Saarbruecken	146051	6506	3784
DE	Heilbronn	120901	5104	2121
DE	Karlsruhe	278016	11110	6324
DE	Regensburg	132478	5605	2124
DE	Pforzheim	85702	3202	1967
DE	Ingolstadt	93301	4103	1498
DE	Stuttgart	1001569	35030	19157
DE	Sindelfingen	75188	2602	1218
DE	Göppingen	62778	2502	1273
DE	Echterdingen	100276	4904	2302
DE	Landshut	63896	2602	1216
DE	Tübingen	54946	1801	1120
DE	Reutlingen	114794	4903	2875
DE	Ulm	103314	4303	2042
DE	Augsburg	309048	9907	3867
DE	Munich	1573462	34925	18481
DE	Freiburg im Breisgau	179679	4903	2786
DE	Rosenheim	64920	2501	1415
DE	Kempton (Allgäu)	61713	2501	1534
DE	Constance	77505	2401	1215

IT	Bolzano - Bozen	101549	1700	799
IT	Trento	77259	1900	922
IT	Udine	85372	2800	1112
IT	Pordenone	58234	2000	851
IT	Lecco	54027	1600	740
IT	Varese	85805	3300	2110
IT	Como	69743	2200	1337
IT	Bergamo	339092	12801	5340
IT	Treviso	75648	2700	1115
IT	Triest	175882	2900	1177
IT	Gallarate	132430	6500	3426
IT	Busto Arsizio	288266	10701	4537
IT	Vicenza	84463	2200	759
IT	Brescia	188188	5300	2159
IT	Mestre	152022	3400	1050
IT	Novara	87563	2000	487
IT	Venice	53943	1000	64
IT	Verona	199593	4500	1688
IT	Padua	186501	5200	1627
IT	Vigevano	52860	1200	340
IT	Pavia	59296	2000	758
IT	Cremona	54441	1200	378
IT	Turin	1115853	16100	5413
IT	Piacenza	85277	1799	433
IT	Asti	53751	999	271
IT	Alessandria	62077	1299	348
IT	Ferrara	88513	2699	918
IT	Parma	136055	2899	1006
IT	Reggio nell'Emilia	105556	2399	1058
IT	Modena	141633	2899	1036
IT	Bologna	414161	8498	3665
IT	Genoa	534119	8498	4303
IT	Ravenna	81562	2199	706
IT	Savona	60786	1299	455
IT	Forlì	79518	2199	751
IT	La Spezia	80805	1699	832
IT	Rimini	98024	2399	561
IT	Pesaro	62390	1299	438
IT	Viareggio	50369	1299	403
IT	Prato	176095	4398	1544
IT	Florence	418711	8597	3522
IT	Pisa	62931	1799	598
IT	Ancona	72261	1599	649
IT	Livorno	142879	2199	626
IT	Arezzo	55219	1199	511
IT	Perugia	58184	1699	960
IT	Grosseto	59794	1299	401
IT	Terni	86485	2298	956
IT	Pescara	164982	4497	1557
IT	Acilia	110385	3097	1224
IT	Lido di Ostia	76053	999	363
IT	San Severo	53402	799	136
IT	Anzio	77853	2997	1043
IT	Foggia	130132	1598	161

IT	Latina	71828	1498	448
IT	Barletta	88720	799	88
IT	Trani	53682	799	102
IT	Cerignola	50786	799	142
IT	Andria	96742	1198	219
IT	Molfetta	56531	699	143
IT	Bari	234735	3696	625
IT	Avellino	63787	1698	992
IT	San Giuseppe Vesuviano	58179	1798	849
IT	Altamura	65993	699	121
IT	Sassari	88583	1698	815
IT	Salerno	145704	3196	1759
IT	Brindisi	67785	1098	234
IT	Battipaglia	59791	1498	426
IT	Lecce	79155	1798	485
IT	Cosenza	86792	2396	1221
IT	Cagliari	247227	5392	1247
IT	Messina	178922	3394	1574
IT	Reggio Calabria	107481	2196	648
IT	Palermo	661435	10982	4591
IT	Bagheria	54078	898	355
IT	Trapani	75278	1297	232
IT	Acireale	114185	4292	2403
IT	Catania	452055	10681	4761
IT	Syracuse	90993	1796	438
IT	Gela	71129	1097	208
IT	Ragusa	52250	998	344
IT	Milan	2865567	65407	26599
IT	Rome	2333504	47564	20040
IT	Caserta	242474	6094	1636
IT	Sanremo	70402	4398	1657
IT	Massa	119356	6398	3139
IT	Pistoia	51467	1699	656
IT	Tivoli	74301	2198	848
IT	Naples	3167628	89812	29477
IT	Bisceglie	53171	999	96
IT	Taranto	132437	5594	688
PL	Wejherowo	56854	1703	1030
PL	Gdansk	585781	17938	9626
PL	Koszalin	96057	2605	1483
PL	Gronowo Górne	51260	501	299
PL	Tczew	56927	1603	837
PL	Elk	57815	1603	607
PL	Olsztyn	146540	3807	1982
PL	Szczecin	269564	7815	4221
PL	Zdroje	54834	1703	1038
PL	Piła	56751	2103	1122
PL	Bydgoszcz	323132	8916	4835
PL	Białystok	289108	7313	3660
PL	Toruń	171410	5710	2971
PL	Inowrocław	64533	1903	840
PL	Gorzów Wielkopolski	92997	2905	1635
PL	Kruszyn	59476	1502	432
PL	Płock	64665	2304	1097

PL	Gniezno	61239	2304	1098
PL	Legionowo	55727	1602	978
PL	Poznan	524623	17930	9734
PL	Warsaw	1790652	42470	23079
PL	Leszno	56548	1802	616
PL	Kalisz	78648	2604	1031
PL	Lodz	606717	14322	8436
PL	Ostrów Wielkopolski	57821	2103	834
PL	Pabianice	62377	1902	1035
PL	Tomaszów Mazowiecki	50436	1802	952
PL	Lubin	70269	1602	826
PL	Radom	163602	4807	2543
PL	Lublin	324592	9012	4464
PL	Legnica	66987	2002	1011
PL	Chełm	52369	2002	907
PL	Wroclaw	526175	15021	8267
PL	Ostrowiec Świętokrzyski	58280	2403	1334
PL	Jelenia Góra	57995	1902	1130
PL	Kielce	153180	4606	2411
PL	Świdnica	52833	1502	691
PL	Częstochowa	177021	7109	4200
PL	Wałbrzych	182741	4806	3393
PL	Opole	80976	3604	1482
PL	Katowice	1473725	55567	33762
PL	Tychy	106121	3604	1707
PL	Rybnik	81752	4004	2555
PL	Rzeszów	180649	4705	2452
PL	Krakow	661488	17920	9942
PL	Bielsko-Biała	136557	5205	3308
PL	Nowy Sącz	68059	2402	1319
ES	Avilés	81507	2299	1114
ES	Gijón	225311	4898	2451
ES	Ferrol	52288	2099	1097
ES	Santander	198821	5198	2383
ES	Oviedo	170938	2998	1611
ES	A Coruña	241376	5197	2292
ES	Torrelavega	53403	1699	1033
ES	Irun	73987	2099	849
ES	Donostia / San Sebastián	214189	4498	2741
ES	Bilbao	773942	12894	6931
ES	Vitoria-Gasteiz	203953	4197	1096
ES	Pamplona	296706	5397	1586
ES	León	139285	3497	1066
ES	Logroño	142407	3198	867
ES	Ourense	67615	1798	1019
ES	Burgos	117068	3297	871
ES	Vigo	258715	8094	4661
ES	Palencia	67072	1299	237
ES	Girona	132091	2897	1078
ES	Manresa	70049	1898	432
ES	Zaragoza	495286	9792	1887
ES	Lleida	97711	2497	634
ES	Valladolid	290189	6694	1265
ES	Igualada	52772	1398	263

ES	Mataró	118472	1998	670
ES	Barcelona	3821100	55353	18328
ES	Vilanova i la Geltrú	66448	2397	906
ES	Reus	85352	1998	608
ES	Tarragona	108432	2697	595
ES	Salamanca	143827	2897	772
ES	Guadalajara	72189	1698	331
ES	Collado Villalba	60096	1398	645
ES	Alcalá de Henares	185373	4295	1146
ES	Madrid	4896440	78314	22819
ES	Talavera de la Reina	52761	1697	533
ES	Castellón de la Plana	158995	4494	1162
ES	Palma de Mallorca	367897	8688	2654
ES	Cáceres	55754	1697	699
ES	Valencia	1306344	26066	5258
ES	Albacete	93449	1897	136
ES	Ciudad Real	72752	1997	230
ES	Gandia	70661	1797	624
ES	Badajoz	77329	1997	584
ES	Benidorm	71956	2995	1190
ES	Elda	59972	1797	444
ES	Alacant / Alicante	303583	9784	2362
ES	Elx / Elche	79691	3594	747
ES	Torreveja	69135	2495	376
ES	Murcia	347271	13577	3825
ES	Córdoba	185599	3693	818
ES	Jaén	66399	1197	389
ES	Cartagena	72646	2795	577
ES	Seville	865710	16869	4275
ES	Dos Hermanas	67867	2295	613
ES	Huelva	109463	2196	415
ES	Granada	355832	7785	1889
ES	Almeria	162358	5090	628
ES	Jerez	130147	3692	806
ES	Málaga	686822	15669	5144
ES	Fuengirola	93450	1896	471
ES	Cadiz	111685	1397	23
ES	San Fernando	80042	1197	181
ES	Ceuta	136368	2195	557
ES	Algeciras	214735	6885	1468
SE	Uppsala	109327	3511	1655
SE	Västerås	85098	3310	1568
SE	Örebro	87594	3109	1487
SE	Stockholm	1259381	33005	19126
SE	Södertälje	51672	2407	1218
SE	Västerhanige	93414	3912	2480
SE	Norrköping	64192	2607	1204
SE	Linköping	82720	3009	1720
SE	Gothenburg	479262	15945	9277
SE	Helsingborg	83588	3308	1447
SE	Lund	76565	2405	1238
SE	Malmö	276424	6415	2629
UK	Londonderry/Derry	68331	2806	1671
UK	Belfast	457666	16335	9417

UK	Bangor	56166	2004	1105
UK	Greenock	62832	3007	1582
UK	Ayr	52579	2405	1159
UK	Plymouth	264044	8810	4920
UK	Glasgow	948336	30575	19228
UK	Swansea	142870	6009	3459
UK	East Kilbride	68824	2205	1530
UK	Neath	79448	5608	2629
UK	Hamilton	64493	2004	1270
UK	Wishaw	118722	5012	3376
UK	Coatbridge	83746	2907	1817
UK	Torquay	104436	4105	2153
UK	Bridgend	51977	2103	1232
UK	Exeter	106236	3104	1793
UK	Larbert	57671	2205	1386
UK	Livingston	54050	2105	1425
UK	Cardiff	369086	10916	5569
UK	Dunfermline	57258	2606	1243
UK	Taunton	56450	1902	1119
UK	Edinburgh	465555	12330	6792
UK	Liverpool	1273969	41881	20869
UK	Newport	115139	5708	3267
UK	Weston-super-Mare	79110	2804	1390
UK	Blackpool	214432	7515	2953
UK	Southport	72183	2204	1051
UK	Ellesmere Port	59752	2905	1543
UK	Chester	80050	2705	1711
UK	Carlisle	57657	1703	1005
UK	Dundee	153009	6216	2824
UK	Lancaster	92972	3707	1475
UK	Shrewsbury	68141	2704	1731
UK	Hereford	53372	1702	881
UK	Bristol	603351	16925	9207
UK	Runcorn	117052	5610	3011
UK	Preston	224505	7915	4979
UK	Warrington	156271	5610	3178
UK	Atherton	133495	5109	3537
UK	Telford	131860	5509	3521
UK	Blackburn	143307	4509	2809
UK	Manchester	2202600	67431	41051
UK	Crewe	71916	2404	1286
UK	Bath	81311	2203	1518
UK	Rishton	61865	2204	1359
UK	Gloucester	141570	4507	2525
UK	Bury	76802	2905	1845
UK	Kidderminster	51989	1803	1072
UK	Burnley	133796	4709	3033
UK	Stoke-on-Trent	322482	11821	7030
UK	Worcester	98365	3004	1754
UK	Birmingham	2426844	66915	38134
UK	Cheltenham	109056	2904	1869
UK	Stafford	66331	2604	1626
UK	Bournemouth	359103	12416	5922
UK	Aberdeen	190327	5715	3107

UK	Great Wyrley	82753	3205	1918
UK	Redditch	73937	2604	1847
UK	Keighley	54237	1803	1217
UK	Huddersfield	285029	11322	7889
UK	Swindon	188446	5408	3009
UK	Leeds	1309503	47295	28969
UK	Fazeley	73405	2404	1389
UK	Newcastle upon Tyne	754546	24155	12155
UK	Burton-on-Trent	64846	2404	1211
UK	Warwick	91129	2804	1560
UK	Coventry	428117	12621	6718
UK	Southampton	340122	11415	6312
UK	Birtley	84635	3507	2189
UK	Darlington	87294	2605	1345
UK	Sheffield	710273	24747	14987
UK	Derby	258691	8315	4517
UK	Harrogate	66977	2004	1260
UK	Cudworth	110933	5110	2927
UK	Chesterfield	67792	2504	1506
UK	Wath upon Dearne	88674	4007	2166
UK	Eastleigh	74373	2803	1875
UK	Sunderland	169067	5913	2454
UK	Pontefract	85872	3907	1966
UK	Middlesbrough	338352	16937	8016
UK	Nottingham	601048	17031	9477
UK	Oxford	161117	4607	2966
UK	Rugby	73273	2504	1521
UK	Mansfield	148945	6011	3104
UK	Portsmouth	472030	16622	7022
UK	Loughborough	54860	1502	829
UK	Leicester	481222	12221	6792
UK	Hartlepool	85227	3608	1462
UK	Doncaster	120462	4809	2329
UK	Basingstoke	98886	3104	1820
UK	York	146842	4008	2152
UK	Reading	243972	7310	4584
UK	Northampton	212532	6510	3823
UK	Milton Keynes	201475	7412	5026
UK	Aylesbury	70389	1902	1104
UK	Blackwater	229207	9113	6592
UK	High Wycombe	106889	3905	2746
UK	Bracknell	66150	2002	1299
UK	Maidenhead	57148	1802	1122
UK	Bognor Regis	61691	2803	993
UK	Kettering	54530	1702	930
UK	Corby	56159	2504	1385
UK	Scunthorpe	78305	3907	1814
UK	Slough	153948	3605	1906
UK	London	9609566	186679	104523
UK	Guildford	67484	2103	1522
UK	Lincoln	108728	3807	2146
UK	Littlehampton	54001	2002	1038
UK	Luton	258186	6009	2888
UK	Bedford	104534	3004	1635

UK	Hemel Hempstead	81403	2403	1422
UK	Brighton	420330	10814	4562
UK	Hull	308905	10220	4331
UK	St Albans	82762	2704	1823
UK	Peterborough	161920	5810	3406
UK	Crawley	125270	4506	2889
UK	Stevenage	91024	2904	1619
UK	Redhill	61208	2303	1748
UK	Grimsby	128928	4508	1824
UK	Harlow	77714	2503	1555
UK	Cambridge	136286	3706	2235
UK	Royal Tunbridge Wells	62411	1802	1393
UK	Eastbourne	113052	3704	1949
UK	Basildon	99751	2804	1596
UK	Chelmsford	101219	3104	1734
UK	St Leonards	125028	4606	2433
UK	Chatham	240141	6810	3571
UK	Maidstone	101698	2904	1852
UK	Southend-on-Sea	251019	7511	3902
UK	Colchester	112061	3705	2217
UK	Ashford	70764	2503	1562
UK	Canterbury	50085	1502	1004
UK	Ipswich	162035	4507	2532
UK	Folkestone	51533	1702	710
UK	Norwich	181041	5509	3435
UK	Margate	111279	3805	1264
UK	Great Yarmouth	62387	2304	848
UK	Lowestoft	67439	2604	1174